PB82-242025

Pollution Atmospherique: Techniques de Controle des Particules Pollutantes de l'Air (Air Pollution: Control Techniques for Particulate Air Pollutants)

NATO Committee on the Challenges of Modern Society, Brussels (Belgium).

Oct 73

U.S. Department of Commerce
National Technical Information Service
NTIS

COMITE SUR LES DEFIS DE LA SOCIETE MODERNE

NATO CDSM

OTAN CCMS

PB82-242025

POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Techniques de Contrôle des Particules Polluantes de l'Air

N. 13

AIR POLLUTION

Control Techniques for Particulate Air Pollutants

REPRODUCED BY
NATIONAL TECHNICAL
INFORMATION SERVICE
U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Committee On The Challenges Of Modern Society

TECHNICAL REPORT DATA (Please read Instructions on the reverse before completing)		
1. REPORT NO. 13	2.	3. RECIPIENT'S ACCESSION NO. PB82 242025
4. TITLE AND SUBTITLE Pollution Atmospherique: techniques de controle des particules pollutantes de l'Air, no. 13.		5. REPORT DATE Octobre 1973
		6. PERFORMING ORGANIZATION CODE
7. AUTHOR(S)		8. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO.
9. PERFORMING ORGANIZATION NAME AND ADDRESS Comite sur les Defis de la Societe Modern		10. PROGRAM ELEMENT NO.
		11. CONTRACT/GRANT NO.
12. SPONSORING AGENCY NAME AND ADDRESS NATO		13. TYPE OF REPORT AND PERIOD COVERED
		14. SPONSORING AGENCY CODE
15. SUPPLEMENTARY NOTES in French		

16. ABSTRACT

Summarized in this report are the methods of controlling the emissions of hydrocarbons and organic solvents. They were gathered by the Commission of Air Experts, the Committee on the Challenges of Modern Society and OTAN, for dissemination to Member Countries.

The origins of the particulate Air Pollutants are mobile sources or stationary sources. Among the 23,8 GKg of substance in Air Pollutants produced by industrial, commercial, and domestic sources in 1970, 12,1 GKg were produced by industrial sources including the combustion of industrial carburant; 11,0 GKg were produced by generating stations, incinerators and furnaces and 0,7 GKg by Mobile Sources.

17. KEY WORDS AND DOCUMENT ANALYSIS

a. DESCRIPTORS	b. IDENTIFIERS/OPEN ENDED TERMS	c. COSATI Field/Group
hydrocarbon emissions internal combustion engines air pollution control		EPA 68A

18. DISTRIBUTION STATEMENT	19. SECURITY CLASS (This Report)	21. NO. OF PAGES
	20. SECURITY CLASS (This page)	22. PRICE

EPA Form 2220-1 (Rev. 4-77) PREVIOUS EDITION IS OBSOLETE

TECHNIQUES DE CONTROLE

DES

PARTICULES POLLUANTES DE L'AIR

Préparé pour
le Comité des Défis
de la Société Moderne

OTAN

Octobre 1973

AUTRES PUBLICATIONS OTAN/CDSM SUR LA CONTROLE DE LA POLLUTION DE L'AIR

Technical Report of the Conference on Low Pollution Power Systems Development, N. 4

Proceedings of the Second Meeting of the Expert Panel on Air Pollution Modeling, N. 5

Guide pour Evaluer la Qualité de l'Air (Révision) SO_x, TSP, CO, HC, NO_x et Oxydants, N. 6*

Critères de Qualité de l'Air Relatifs aux Oxydes de Soufre, N. 7*

Critères de Qualité de l'Air Relatifs aux Particules de Matières, N. 8*

Critères de Qualité de l'Air Relatifs aux Oxydes de Carbone, N. 10*

Techniques de Contrôle des Polluants d'Oxyde de Soufre dans l'Air, N. 12**

Proceedings of the Third Meeting of the Expert Panel on Air Pollution Modeling, N. 14

Critères de Qualité de l'Air pour les Oxydes d'Azote, N. 15**

Techniques de Contrôle des Emissions d'Oxyde de Carbone en Sources Fixes, N. 18**

Techniques de Contrôle des Emissions d'Hydrocarbures et de Solvants Organiques en Sources Fixes, N. 19**

Techniques de Contrôle des Emissions d'Oxyde d'Azote en Sources Fixes, N. 20**

Proceedings of the Fourth Meeting of the Expert Panel on Air Pollution Modeling, n. 30

* Peuvent également être obtenus en Langue Française.

** Version française disponible au printemps 1974.

Ces documents peuvent être obtenus auprès du Comité sur les Défis de la Société Moderne, OTAN, 1110 Bruxelles, Belgique, ou auprès du Air Pollution Technical Information Centre, Office of Air and Water Programs, Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina 27711, U.S.A. (version en anglais seulement).

AVANT-PROPOS

Ce document représente un condensé d'informations sur les méthodes de contrôle des émissions d'hydrocarbures et de solvants organiques, assemblés par la Commission d'Experts de l'Air, le Comité des Défis de la Société Moderne et l'OTAN, pour leur diffusion dans les pays membres.

Le Président de la Commission d'Experts veut rendre hommage aux efforts des chercheurs des pays pilotes, chercheurs des pays observateurs, ainsi qu'à toutes les personnes qui ont aidé à la préparation de ce document et des quatres volumes suivants: Techniques de Contrôle des Emissions de l'Oxyde de Carbone en Sources Fixes, Techniques de Contrôle des Emissions d'Hydrocarbures et de Solvants Organiques en Sources Fixes, Techniques de Contrôle des Polluants Atmosphériques sous Forme d'Oxyde de Soufre, et Techniques de Contrôle des Emissions d'Oxyde d'Azote en Sources Fixes.

Nous remercions le Bureau Fédéral Américain de Protection de l'Environnement pour nous avoir permis de consulter leur documentation intitulée: Techniques de Contrôle des Particules Polluantes de l'Air, publiée en 1969, et qui a été d'une importance fondamentale dans nos efforts. Nous remercions donc particulièrement les représentants de cet organisme.

La contribution d'un groupe de chercheurs de la République Fédérale d'Allemagne, sous la direction du Dr. Dieter Hartmann a été d'une grande aide. Elle a contribué d'une façon inestimable au succès de notre entreprise.

Nous tenons à remercier également l'équipe du Research Triangle Institute, Research Triangle Park, North Carolina (Etats-Unis), pour un travail de recherche, compilation de littérature et essais sur le sujet.

Enfin, nous devons remercier les secrétaires et autres personnes qui ont soutenu l'effort de notre Commission et l'ont rendu possible.

John K. Burchard, Ph.D
Président de la Commission

TABLE DE MATIERES

SOMMAIRE iii
1. INTRODUCTION 1-1
2. INFORMATION DE BASE 2-1
2.1 DEFINITIONS 2-1
2.2 SOURCES PRINCIPALES DE MATIERE EN PARTICULES 2-2
REFERENCE 2-6
3. SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES 3-1
3.1 MOTEURS A COMBUSTION INTERNE 3-1
3.1.1 Moteurs à Essence 3-1
3.1.2 Les Moteurs Diesel 3-2
3.2 SOURCES FIXES DE COMBUSTION 3-5
3.3 PROCEDES INDUSTRIELS 3-5
3.3.1 Les Laminoirs à Fer et à Acier 3-10
3.3.1.1 Les Installations à Agglomération par Frittage . 3-10
3.3.1.2 Les Hauts Fourneaux 3-13
3.3.1.3 Les Fours à Acier 3-14
3.3.2 Les Fonderies à Fer Gris 3-16
3.3.3 Les Raffineries de Pétrole 3-17
3.3.4 Les Mines et Usines à Ciment Portland 3-19
3.3.5 Les Moulins à Pâte à Papier 3-20
3.3.6 Les Installations Chargeant l'Asphalte 3-21
3.3.7 Les Installations pour la Fabrication d'Acide 3-22
3.3.8 Les Fours Fabriquant du coke 3-23
3.3.9 Les Dispositifs de Fonte Primaire et de Récupération Secondaire pour le Cuivre, le Plomb, le Zinc et l'Aluminium . . 3-26
3.3.10 Les Installations Fabriquant du Savon et des Produits Synthétiques 3-28
3.3.11 Les Fours de Verrerie et les Dispositifs à Fibre de Verre 3-29
3.3.12 Les Installations à Noir de Fumée 3-30
3.3.13 Les Installations Produisant du Gypse 3-30
3.3.14 Les Installations Traitant le Café 3-31
3.3.15 Les Installations à Egrener le Coton 3-32
3.4 LES ACTIVITES DE CONSTRUCTION ET DE DEMOLITION 3-32
3.4.1 La Démolitoin de Massonerie 3-33
3.4.2 La Combustion des Ordures 3-33
3.4.3 Le Déplacement de la Poussière de Routes 3-33
3.4.4 Le Nivellement des Routes 3-34
3.4.5 La Manipulation de Matériaux Poussiéreus 3-34
3.4.6 Le Décapage au Sable des Bâtiments 3-34
3.5 LES SITES D'ELIMINATION DES DECHETS SOLIDES AUX ETATS UNIS . . . 3-34
3.5.1 Elimination Sans Incinération 3-36
3.5.1.1 Le Remplissage de Terres avec Déchets Epurés . . 3-36
3.5.1.2 Le Compostage 3-38
3.5.1.3 Le Déchiquettage 3-38
3.5.1.4 La Compacité 3-39
3.5.2 Elimination Avec Incinérateur 3-40
3.5.2.1 La Combustion à Ciel Ouvert 3-40
3.5.2.2 Les Incinérateurs à Sommet Ouvert 3-40
3.5.2.3 Les Brûleurs en Métal Conique 3-41
3.5.2.4 Les Incinérateurs Domestiques 3-42
3.5.2.5 Les Incinérateurs Commerciaux et Industriels . . 3-42
3.5.2.6 Les Incinérateurs d'Immeubles 3-44
3.5.2.7 Les Incinérateurs Municipaux 3-45
REFERENCES 3-47

4. LES TECHNIQUES DE CONTROLE 4-1
4.1 LES CHAMBRES DE DECANTATION 4-9
4.1.1 Description de l'Equipement 4-9
4.1.2 Facteurs Opérationels 4-12
4.1.3 Applications Types 4-12
4.2 COLLECTEURS CENTRIFUGES A SEC 4-12
4.2.1 Description de l'Equipement 4-13
4.2.2 Facteurs Opérationels 4-16
4.2.3 Applications Types 4-23
4.3 COLLECTEURS HUMIDES ET ELIMINATEURS DE BRUME 4-23
4.3.1 Description de l'Equipement 4-24
4.3.1.1 Dispositifs Utilisant l'Energie du Courant Liquide 4-24
4.3.1.2 Dispositifs Utilisant l'Energie du Courant Gazeux 4-37
4.3.1.3 Dispositifs qui Ajoutent de l'Energie Mécaniquement 4-43
4.3.1.4 Les Eliminateurs de Brume 4-51
4.3.2 Facteurs Opérationels 4-60
4.3.3 Applications Types 4-69
4.4 DEPOUSSIEREURS ELECTROSTATIQUES 4-69
4.4.1 Description de l'Equipement 4-71
4.4.2 Facteurs Opérationels 4-76
4.4.3 Applications Types 4-76
4.5 DEPOUSSIEREURS ELECTROSTATIQUES A BAS VOLTAGE 4-76
4.5.1 Description de l'Equipement 4-76
4.5.2 Facteurs Opérationels 4-81
4.5.3 Applications Types 4-84
4.6 FILTRES EN TISSU 4-86
4.6.1 Principes Théoriques 4-86
4.6.1.1 Les Mécanismes de Filtration 4-86
4.6.1.2 La Résistance au Courant d'Air 4-90
4.6.2 Description de l'Equipement 4-90
4.6.2.1 Les Formes des Sacs 4-96
4.6.2.2 Les Tyées de Tissu 4-97
4.6.3 Facteurs Opérationels 4-104
4.6.3.1 Les Méthodes de Nettoyage de Filtre en Tissu . . 4-112
4.6.3.2 Equipement de Manipulation de la Poussière et Refroidissement du Gaz 4-118
4.6.4 Applications Types 4-120
4.6.4.1 Les Fours à Ciment 4-120
4.6.4.2 Les Cubillots de Fonderies 4-120
4.6.4.3 Les Fours à Acier à Arc Electrique 4-120
4.6.4.4 Les Fours Martin 4-122
4.6.4.5 Les Fours à Métal Non Ferreux 4-122
4.6.4.6 Les Installations à Noir de Fumée 4-123
4.6.4.7 Les Opérations de Manipulation de Céréale 4-123
4.7 LES BRULEURS DE POST-COMBUSTION 4-124
REFERENCES 4-129
5. FACTEURS D'EMISSION POUR LES SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES 5-1
REFERENCE 5-15

SOMMAIRE

La matière en particules trouvée dans l'air ambient à pour origine soit des sources mobiles soit des sources fixes. Parmis les 23,8 Gkg de matière en particules polluante produite par des sources industrielles, commerciales, et domestiques en 1970, 12,1 Gkg étaient émis par des sources industrielles comprenant la combustion de carburant industriel; 11,0 Gkg étaient émis par des centrales, par l'incinération, et par des surfaces de chauffe; et 0,7 Gkg par des sources mobiles.

SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES

Moteurs à Combustion Interne

Pour chaque 4,55 m^3 de carburant consommé, des moteurs diesel produisent environ 5,9 kg de matière en particules; les moteurs à essence en produisent environ 3,9 kg. La matière en particules émise depuis les moteurs à essence émane des carters et des gaz d'échappement. Cette matière consiste en carbone, en cendre métallique, en hydrocarbures aérosols et en particules métalliques. La matière en particules émise depuis un moteur diesel consiste en aérosols de carbone et d'hydrocarbure.

Sources Fixes de Combustion

Environ 95 pour cent de l'énergie totale aux Etats Unis est fourni par les carburants fossiles. En 1969, le charbon fournissait environ 21 pour cent de l'énergie; le pétrole environ 40 pour cent; et le gaz naturel, environ 36 pour cent. Les émissions de particules depuis ces sources étaient d'environ 8,1 Gkg en 1968 mais étaient réduites à environ 6,1 Gkg en 1970.

Sources Industrielles

Les procédés industriels, y compris la combustion de carburant industriel, dégagèrent en 1970 un quantité de matériaux en particules estimée à 12,1 Gkg.

Construction et Démilition

Les principales matières en particules polluantes atmosphériques produites par la construction, la démolition et les opérations qui s'y rattachent sont: la poussière de démolition, la fumée de combustion à ciel ouvert, la poussière des routes et de la terre déplacée, la matière en particules provenant du pavage, du décapage au sable, et de la peinture par pulvérisation.

Elimination des Déchets Solides

Aux Etats Unis, 2,5 kg de déchets et d'ordures sont recueillis par jour par habitant. Autres déchets solides avaient un montant de 2,0 kg par jour par habitant. Une très petite quantité de ces déchets est éliminée par des techniques qui n'emploient pas l'incinération; la combustion à ciel ouvert est la méthode d'élimination dominante. Les émissions de matière en particules à partir de l'élimination de ces déchets étaient de 1,3 Gkg en 1970.

METHODES DE CONTROLE

Les techniques de contrôle des matières en particules polluantes atmosphériques depuis des sources fixes de combustion peuvent être en gros catalogués comme suit: déplacement de la source, fermeture de la source, substitution d'énergie, conservation de l'énergie, bonne technique et épuration des gaz. Parmi celles-ci, l'épuration des gaz est de loin la plus importante.

FACTEURS D'EMISSION

Les facteurs d'émission peuvent être utilisés pour estimer les émissions depuis les sources pour lesquelles les résultats du test de la cheminée ne sont pas valables. Les facteurs d'émissions par processus pour des types de sources sélectionnés sont présentés dans le Chapitre 5.

1. INTRODUCTION

La matière en particules dans l'atmosphère est reconnue posseder beaucoup d'effets nocifs sur la santé et le bien être, et la réduction des émissions de ce polluant est de première importance pour un programme effectif de diminution de la pollution atmosphérique. Ce document a été préparé pour résumer les informations courantes--sur les sources polluantes de matière en particules et sur les méthodes de contrôle de celles-ci.

Les particules polluantes ont pour origine une variété de sources et les émissions varient largement en ce qui concerne leurs caractéristiques chimiques et physiques. Toutes les sources agricoles, commerciales, domestiques, industrielles et municipales de particules polluant l'atmosphère sont décrites individuellement dans ce document. La nature et les quantités de ces émissions depuis différentes sources y sont discutées et les méthodes de contrôle qui leur ont été appliquées avec succès y sont énoncées.

Les techniques de contrôle décrites ici representent un large spectre d'informations pour de nombreux domaines techniques et du génie civil. Les dispositifs, méthodes et principes ont été developpés et utilisés pendant beaucoup d'années et plus d'expérience a été obtenue dans leur application. Ils sont en général des techniques applicables à une large gamme des problèmes de contrôle d'émissions de matière en particules de moteur.

Un tableau des facteurs d'émissions qui récouvre toutes les émissions qui peuvent être estimées depuis différentes sources est présenté. Bien que ces facteurs soient normalement pour des sources sans contrôle, les facteurs d'émissions sont donnés pour des types représentatifs de contrôle.

Quand référence est faite à la BRD, cela signifie Bundes Republik Deutschland (République Fédérale Allemande).

2. INFORMATION DE BASE

2.1 DEFINITIONS

Cette section contient des définitions générales des termes utilisés tout au long de ce document.

Polluant ou Contaminant--toute matière solide, liquide, ou gazeuse dans l'air extérieur qui ne se trouve pas normallement dans l'air naturel.

Matière en Particules--à rattacher à la technologie de contrôle, toute matière, exceptée l'eau non combinée, qui existe sous forme solide ou liquide dans l'atmosphère ou dans le flot d'un gaz dans des conditions standards.

Il est important que ces conditions standards pour les mesures de la matière en particules soient inclues avec sa définition. Certains composés ne sont ni liquides, ni solides dans les cheminées, mais ils se condensent dans l'atmosphère ambient. A moins que les conditions standards pour les mesures de ces matières en particules ne soient définies, les matériaux ne pourraient être considérés comme possédant des particules et ne pourraient être soumis à un contrôle.

Aérosol--une dispersion en milieu liquide de particules solides ou liquides de taille microscopique, tels que fumée, brouillard, ou brume.

Poussière--particules solides en général plus grosses que la taille colloïdale et capable de suspension temporaire dans l'air ou dans d'autres gaz. Une dérivation depuis des masses plus grosses par l'intermédiaire d'une force physique est habituellement inclue.

Cendre Volante--particules de cendre finement divisées entraînées dans les gaz brûlés provenant de la combustion de carburant. Les particules de cendre peuvent contenir du carburant non brûlé et des minéraux.

Brouillard--aérosols visibles dans lesquels la phase dispersée est liquide. En météorologie, le brouillard est une dispersion d'eau ou de glace.

Vapeur--particules formées par condensation, sublimation ou réaction chimique dont la partie prédominante consiste en particules plus petites qu'un micron. La fumée de tabac et les oxydes de métaux condensés sont des exemples de vapeurs.

Brume--dispersion à basse concentration de gouttelettes liquides de relativement petite taille. En météorologie, le terme brume s'applique à une légère dispersion de petites gouttes d'eau de taille suffisante pour tomber de l'atmosphère.

Particule--matière solide ou liquide de masse petite et discrète.

Fumée--petite particule de gaz en suspension résultant d'une combustion incomplète. De telles particules consistent pricipalement en carbone et autres matériaux combustibles, et sont présentés en quantité suffisante pour être observées indépendemment des autres solides.

Suie--une agglomération de particules de carbone imprégnées de goudron, formées au cours de l'incomplète combustion de matériaux carbonés.

Pulvérisation--formation de petites gouttelettes de liquide par action mécanique.

2.2 SOURCES PRINCIPALES DE MATIERE EN PARTICULES

On estime qu'une quantité de 23,8 Gkg de matière en particules a été émise depuis des sources industrielles, commerciales et domestiques aux Etats Unis

Tableau 2-1. - EMISSIONS DE MATIERE EN PARTICULES PAR CATEGORIE DE SOURCE, 1970[1]

Source	Quantité (Gkg)	Pourcentage du total
Transports	0,72	3,0
Combustion de carburant (fixe)	6,08	26,0
Procédés industriels	12,07	51,0
Elimination des déchets	1,27	5,0
Divers	3,63	15,0
	23,77	100,0

Tableau 2-2. - SOMMAIRE DES PROCEDES INDUSTRIELS

Industrie ou procédé	Source des émissions	Matière en particules
Laminoirs à fer et acier	Hauts fourneaux, fours à acier, machines à agglomération par frittage.	Oxyde de fer, poussière, fumée.
Fonderies à fer gris	Cubillots, systèmes par oscillation, machines à noyauter.	Oxyde de fer, poussière, fumée, huile, graisse, vapeurs de métal.
Métallurgique (non ferreux)	Fonderies et fours.	Fumée, vapeurs de métal, huile, graisse.
Raffineries de pétrole	Régénérateurs à catalyseur, incinérateurs de boue schlammeuse.	Cendre de la boue.
Ciment Portland	Fours, séchoirs, système de manipulation de matière.	Alcali et poussières dues au procédé.
Moulins à pâte à papier	Fours à récupération chimique, réservoirs à fondre, fours à chaux.	Poussières chimiques.
Fabrication d'acide-- phosphorique, sulfurique	Procédé thermique, roches phosphatées acidulantes, système d'affûtage et de manipulation.	Brume acide, poussière.
Fabrication de coke	Chargement et déchargement des éléments du four, extinction et manipulation de matériaux.	Charbon et poussières de coke, goudrons de charbon.
Verre et fibre de verre	Manipulation du matériel brut, fours de verrerie, fabrication et vulcanisation de la fibre de verre.	Brume d'acide sulfurique, poussières de matières bruts, oxydes alcalins, aérosols de résine.
Traitement du café	Grilleurs, séchoirs à pulverisation , chaudière à récupération de chaleur perdue, refroidisserus, équipement de transport.	Ecorces, aérosols d'huile, cendres provenant de la combustion de l'écorce, poussières de café deshydraté.

Tableau 2-3. - AVANTAGES ET DESAVANTAGES DE DISPOSITIFS DE RECUEILLEMENT

Collecteur	Avantages	Désavantages
Gravitationnel	Perte de basse pression; simplicité de plan et d'entretient.	Demand plus d'espace; peu de recueillement efficace.
Cyclone	Perte de pression de basse à modérée; simplicité de plan et d'entretient; demande peu d'espace sur le sol; élimination sèche et continu de poussières recueillies; manipule des grosses particules et des grosses charges de poussière; température indépendante.	Demande beaucoup de hauteur, peu de recueillement efficace des particules, sensible aux chargements variables de poussière et aux vitesses de débit.
Collecteurs par voie humide	Absorption du gaz et élimination de particules simultanées; rassemble et nettoye à haute température les gaz chargés en humidité; les gaz et brumes corrosifs peuvent être récupérés et neutralisés; risque d'explosion de poussière réduit; efficacité peut être variée.	Problèmes de corrosion et d'érosion; le coût du traitement et de la récupération des eaux rédisuelles doit être ajouté; basse efficacité sur les particules en dessous d'un micron; contamination du courant effluent de liquide entraîné; problème de gel par temps froid; flottabilité reduite et élévation de fumée; la vapeur d'eau s'ajoute à la fumée visible dans certaines conditions atmosphériques.
Dépoussiéreur électrostatique	99+ pour cent d'efficacité obtenable; de très petites particules peuvent être collectés d'une manière sèche ou humide: perte de charge et demande en énergie faibles comparés aux autres collecteurs de haute efficacité; entretient nominal à moins que des matériaux corrosifs et adhésifs soient manipulés; plusieurs parties mobiles, peut fonctionner de 560 à 730 K.	Coût initial relativement haut; sensible aux variations des charges de poussière ou des vitesses du courant; la résistance fait que quelques matériaux ne sont pas économiquement collectables précautions demandées pour saufgarder le personnel du haut voltage; l'efficacité du recueillement peut être détériorée graduellement et imperceptiblement.
Filtration au moyen de tissu	Recueillement sec possible; diminution en rendement notable; recueillement de petites particules possible; hauts efficacités possibles.	Sensible à la vitesse de filtration; les gaz à haute température doivent être refroidis de 370 à 560 K; affecté par l'humidité relative (condensation); le tissu est susceptible d'être attaqué chimiquement.

Tableau 2-3. (suite)

Collecteur	Avantages	Désavantages
Brûleur de post-combustion à flamme directe	Haute efficacité d'élimination des matières en particules au dessus d'un micron causant des odeurs; élimination simultanée des gaz combustibles et des matières en particules; élimination directe des gaz non toxiques et de déchets vers l'atmosphère après combustion; récupération possible de chaleur; surface relativement petite requise; construction simple, peu d'entretient.	Coût de fonctionnement élevé; risque d'incendie; élimine seulement les combustibles.
Brûleur de post-combustion catalytique	Même chose que pour le brûleur de post-combustion à flamme directe. Réduit les demandes en carburant et la température.	Coût initial élevé, catalyseur sujet à s'empoisoner; le catalyseur demande une réactivation; demandes d'isolation; risque d'incendie.

en 1970. Le Tableau 2-1 montre la contribution à ce total de chaque catégorie de source. Les procédés industriels et de combustion de carburant fixe sont les plus gros émitteurs individuels de particules polluantes. Le Tableau 2-2 présente un sommaire des industries importantes, leurs sources de matière polluante et les types de particules polluantes. Le Tableau 2-3 catalogue les méthodes d'épuration de gaz, leurs avantages et leurs désavantages.

REFERENCE

1. CAP Data File of Nationwide Emission, 1970. National Air Data Center, Applied Technology Division, Juillet 1972.

3. SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES

3.1 MOTEURS A COMBUSTION INTERNE

Les moteurs à essence produisent des matières en particules à un taux d'environ 1,0 kg/m^3 de liquide de carburant consommé. Les diesels en produisent environ 1,54 kg/m^3.[1] Parmi le total annuel des émissions de matière en particules aux Etats Unis, les véhicules à moteur contribuent approximativement 4 pour cent. Le Tableau 3-1 compare les contributions par véhicules à moteur au total des émissions de matière en particules dans les différentes villes américaines.

3.1.1 Moteurs à Essence

Les moteurs à essence produisent de la matière en particules depuis deux sources, l'échappement du moteur et d'excès de gaz du carter du moteur. En tant qu'approximation grossière, on peut dire que la quantité de matière en particules émise dans les gaz d'excès correspond d'un tiers à un quart de la quantité émise dans l'échappement.[1]

Dans l'échappement d'une automobile, le poids des matières en particules est approximativement de cinq pour cent du poids des hydrocarbures gazeux. Des composés de plomb, des particules de carbone, et des substances non volatiles de l'huile de moteur sont émis et peuvent réagir par former des oléfines à haut poids moléculaire et des composés carbonyles. Des particules à base de métal proviennent originairement des composés antidétonants de plomb dans le carburant et aussi des additifs métalliques de l'huile de graissage, et de l'usure du moteur; le carbone et quelques uns des aérosols d'hydrocarbure proviennent de la combustion incomplète du carburant.

Dans les gaz d'excès, les particules ne sont presque pas chargées d'huile de graissage. Les émissions d'excès sont influencés sur une plus grand échelle que les émissions de dégagement par la condition mécanique du moteur.[8]

Le contrôle partiel des émissions des matières en particules des véhicules à été en rigueur aux Etats Unis depuis 1963. En commençant avec les modèles d'automobile de 1968, les émissions de matière en particules depuis les carters des moteurs étaient complètement contrôlées (Fig. 3-1) et il est possible que les mesures du contrôle d'échappement utilisés sur ces modèles réduisent les émissions de matière en particules d'échappement.

Les émissions de plomb peuvent être contrôlées par diminution des composés antidétonant du carburant. Une installation de traitement du pétrole est produit actuellement de l'essence sans plomb; sa disponibilité s'étend.

Tableau 3-1. - COMPARAISON DES EMISSIONS DE MATIERES EN PARTICULES DE VEHICULES A MOTEUR AVEC LE TOTAL DES EMISSIONS POUR DES REGIONS SELECTIONNES AUX ETATS UNIS[2-7]

Métropoles	Matière en particules, Mkg/an		
	Total	Véhicules à moteur	Pourcentage du total depuis les véhicules à moteur
Washington, D.C.	31,8	5,17	16
New York--New Jersey (partie au nord de celui-ci)	211,0	30,7	15
Kansas City	54,3	4,5	8
Jacksonville, Floride	12,8	0,55	4
St. Louis, Missouri	133,0	4,25	3
Comté de Los Angeles, Californie	39,0	14,9	38

3.1.2 Les Moteurs Diesel

Les matières en particules émises par les moteurs diesel se composent premièrement de carbone et d'aérosols d'hydrocarbures résultant de l'incomplète combustion du carburant. Les aérosols dans les gaz de l'évent en ajoutent une petite quantité.

Les régulations fédérales mises en place aux Etats Unis en 1971[9] pour limiter la fumée des nouveaux moteurs diesel établissent un maximum d'intensité de fumée sous des contions (1) d'accélération complète depuis un point mort prolongé et (2) de décélération depuis une vitesse contrôlée maximum, et d'accélération complète. Aucun nouveau dispositif d'information ou de contrôle n'est cru nécessaire pour réduire les émissions de fumée depuis les moteurs diesel et pour s'aligner sur les standards établis.

Les nouveaux moteurs, qui respectent les standards de 1971 concernant les émissions de fumée, seront adaptés par les fabricants à un taux de carburant et à une dépense d'énergie modéré. Des augmentations dans le taux du carburant se situant au dessous des montages prévus par le fabriquant augmenteront la puissance du moteur mais augmenteront aussi le niveau de fumée noire. Même dans un moteur correctement ajusté, une détérioration de l'injecteur (tel qu'une érosion d'un tuyau) peut produire une augmentation conséquente dans l'émission de fumée noire. Quand l'âge du véhicule et son kilométrage augmentent, l'ajustement correct du système du carburant, l'entretient à interval convenable, l'utilisation d'un type spécifié de carburant et l'application de bonnes techniques de fonctionnement peuvent maintenir le bas niveau des émissions visibles et particulièrement des particules de carbone.

Heureusement, la pollution des matières en particules des diesels peut être réduite à un niveau satisfaisant par réglage, attendu que d'autres méthodes de contrôle de pollution--comme la dilution du gaz d'échappement et l'utilisation d'additifs au carburant supprimant la fumée--sont moins efficaces et ne peuvent pas être recommandés pour une application générale. La dilution réduit simplement l'opacité du nuage de fumée sans réduire la quantité de particules émises. Les produits supprimant la fumée sont efficaces dans des moteurs surchargés en carburant sous une bonne condition mécanique. Néanmoins, un des produits promettants pour la surpression de la fumée contient un additif du barium,[10]

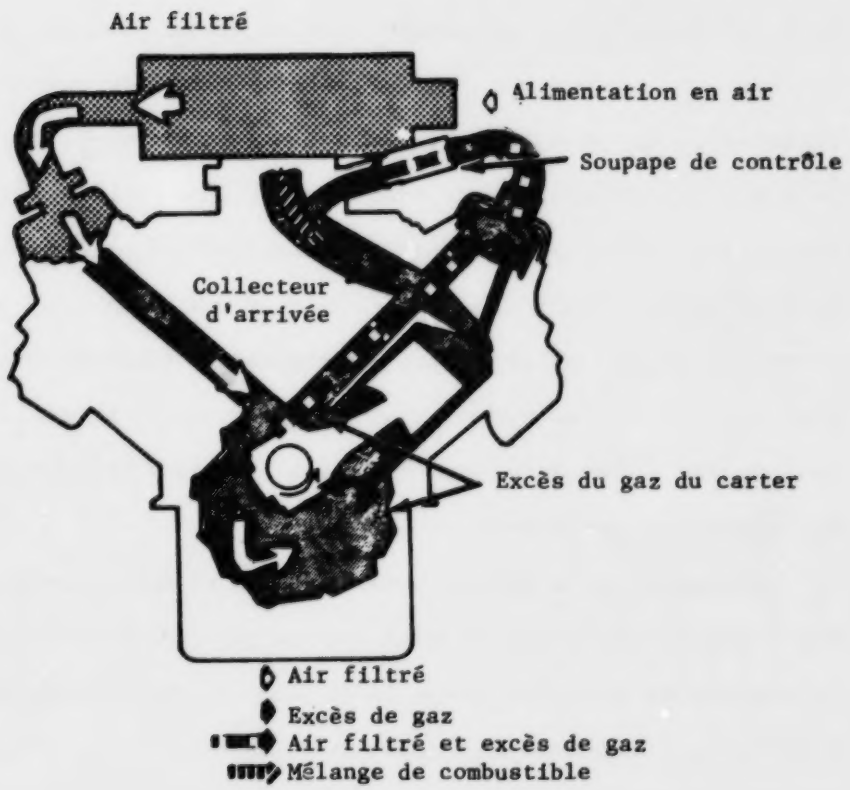


Fig. 3-1. Système de contrôle d'émission de véhicule à moteur.

qui pourrait provoquer des émissions de composés toxiques de barium soluble dans l'eau; une étude plus approfondie est nécessaire avant que cette technologie ne soit largement adoptée.

3.2 SOURCES FIXES DE COMBUSTION

Bien que des carburants divers (gaz de pétrole liquifié, bris, lignite, coke, gaz raffiné, gaz de haut fourneau, etc.) soient utilisés, environ 95 pour cent du total d'énergie aux Etats Unis est fournie par le charbon, le pétrole et le gaz naturel. Les récentes tendances dans l'utilisation de ces ressources sont données dans les Tableaux 3-2 et 3-3.* Les Tableaux 3-4 et 3-5 montrent la consommation en carburant par type de consommateur. Le Tableau 3-6 expose la large variété d'appareils disponibles pour les procédés de combustion. Les émissions de matières en particules depuis des sources fixes de combustion pour 1968 étaient estimées à 8 Gkg.[11]

Parce que le taux d'émission varie largement d'une unité à l'autre, la quantité de matières en particules attendue pour chaque source n'a pas été établie avec précision. Les données pour estimer les émissions à partir de l'ensemble d'unités sont rapportées comme les facteurs d'émission dans la Section 5.

3.3 PROCEDES INDUSTRIELS

Approximativement 7,3 Gkg de poussière, de vapeur et de brume étaient déchargés aux Etats Unis en 1968 à partir de procédés industriels et de carburants industriels brûlés.[11]

Quelques industries créent plus de matière en particules que d'autres, et parmi ces industries, un ou deux procédés spécifiques dominent les statistiques des émissions. Souvent ces émissions peuvent être réduites grandement au moyen de modifications de ces procédés spécifiques.

---

* Les données de la République Fédérale Allemande seront marquées "BRD" (Bundes Republik Deutschland).

Tableau 3-2. - RESOURCES D'ENERGIE MINERALE, ET D'ELECTRICITE AMERICAINE--PRODUCTION ET CONSOMMATION: DE 1965 A 1969[11]

(En 10^{15} Joules)

Année	Total	Charbon		Pétrole brut[a]	Gaz Naturel[b]	Electricité
		Anthracite	Bitumineux et lignite			
1965	57 000	346	12 700	22 800	21 200	2 200
1966	60 500	306	13 500	24 000	20 500	2 230
1967	62 500	290	13 300	24 800	21 600	2 530
1968	66 000	273	13 800	26 200	23 100	2 590
1969 (prél.)	69 300	257	14 000	27 400	24 800	2 970

[a] Condensé mélangé inclus. Début 1950, la consommation inclue des produits de pétrole (importations nettes).

[b] Production vendue. Quantité stockée et perdue dans la transmission incluse. Comprends consommation sèche et liquide. Début 1965, sur une base de pression absolue de 101,54 kN/m^2; auparavant, sur une base de 96,86 kN/m^2.

Tableau 3-3. - RESOURCES D'ENERGIE MINERALE, ET D'ELECTRICITE DE LA BRD--PRODUCTION ET CONSOMMATION: DE 1966 A 1969[12]

(En 10^{15} Joules)

Année	Total	Charbon	Produits de pétrole	Divers	Gaz	Electricité
1966	5 806	1 760	2 850	124	512	560
1968	6 244	1 595	3 230	143	636	640
1969	6 853	1 600	3 670	163	713	707

Tableau 3-4. - CONSOMMATION AMERICAINE DE RESSOURCES D'ENERGIE PAR GROUPE MAJEURE DE CONSOMMATEUR: 1963 A 1968[11]

(En 10^{15} Joules)

Groupe de consommation	Consommations d'énergie			
	1963	1965	1967	1968 (prél.)
Domestique et commercial	11 700	12 500	13 800	14 400
Industriel	17 200	18 700	19 600	20 400
Transport[a]	12 630	13 400	14 900	16 000
Production électrique services[b]	10 200	11 700	13 800	14 800
Divers	780	579	293	356
Total	52 510	56 879	62 393	65 956

[a]Inclue bunkers et transports militaires.

[b]Représente les productions de puissance hydraulique et de puissance nucléaire converties en des consommations d'énergie théoriques à un taux dominant de kg de charbon par kilowattheure dans des stations centrales électriques utilisant 27,8 MJ/kg de charbon. Non compris les consommations pour l'énergie créé par des installations non-utilitaires qui sont inclues dans d'autres secteurs consommateurs.

Tableau 3-5. - CONSOMMATION DE LA BRD DE RESSOURCES D'ENERGIE PAR GROUPE MAJEUR DE CONSOMMATEUR: 1960 A 1969[12]

(En 10^{15} Houles)

Groupe de consommateur		Consommation d'énergie			
	1960	1964	1967	1968	1969
Domestique et commercial	1 650	2 310	2 440	2 625	2 970
Industriel	2 220	2 440	2 380	2 560	2 740
Transport	710	922	1 006	1 060	1 135
Production électrique	1 330	1 730	1 820	1 990	2 260
Divers	726	676	736	835	806
Total	6 636	8 078	8 382	9 070	9 911

Tableau 3-6. - UTILISATIONS COMMUNES DE DIFFERENTS EQUIPMENTS BRULANT DU CARBURANT

Equipement	Utilisation commune
Chauffé au charbon:	
Chargé à la main	Air chaud de résidence, de bâtiments institutionels et commerciaux et applications à des chaudières de capacités atteignant 5,3 GJ/heure. (Utilisé principalement dans les zônes de traitement de charbon.)
Chargeur mécanique par en dessous à vase clos simple	Air chaud de résidence, de bâtiments institutionels et commerciaux, et applications à des chaudières de capacités de consommation atteignant 42,2 GJ/heure.
Chargeur mécanique par en dessous à vases multiples Chargeurs à étalement Chargeurs à grille mobile Chargeurs à grille à chaine Chargeurs à grille vibrante	Applications à des chaudières à tube à eau et à tube foyer pour des chauffages de bâtiments institutionels, commerciaux et industriels à capacités d'une portée de consommation de 5,3 à 212 GJ/heure.
Equipement chauffé à combustible pulverisé (fond sec ou fond humide)	Applications à des chaudières à tube à eau pour la production d'énergie à capacités de consommation plus importante que 106 GJ/heure.
Chauffé au pétrole:	
Brûleurs à haute pression de type canon	Applications à fours à air chaud pour résidences et pour chaudières à capacités de mazout distillé atteignant jusqu'à 11,4 dm^3/heure.
Brûleurs à basse pression à air atomisé	Applications à des chaudières à tube à eau et à tube foyer pour procédé de chauffage commercial et industriel, et pour la production d'énergie avec mazout distillé ou résiduel.
Brûleurs à coupe rotative Brûleurs à vapeur atomisée Brûleurs à haute pression et air atomisé	Applications à des chaudières à tube à eau et à tube foyer pour le chauffage de bâtiments institutionels, commerciaux, industriels et pour la production d'énergie avec mazout résiduel.
Chauffé au gaz:	
Brûleurs avec prémélange	Applications à des fours de résidence à air chaud ou à des chaudières et également pour applications industrielles à basse température.

Tableau 3-6. (suite)

Equipement	Utilisation commune
Brûleurs à bec à mélange	Applications à des chaudières à tube à eau et à tube foyer pour des utilisations institutionelles, commerciales et industrielles, et pour la production d'énergie . (Peut être un type combiné pour permettre l'allumage à huile lourd quand l'alimentation en gaz est interrupté.

Le Tableau 3-7 résume un grand nombre des industries qui dégagent de grosses quantités de poussière sèche,de brumes de pétrole combustible et de goudron, de brumes d'acide inorganique et des combinaisons de ces polluants ainsi que d'autres. Les même industries dégagent fréquemment des polluants gazeux qui sont plus désagréables que les particules. Bien que cette discussion soit limitée aux matières en particules, quelques mesures réparatrices affectent aussi les oxydes de soufre (SO_2), les odeurs et autres contaminants gazeux.

Les 15 sources industrielles citées dans les pages suivantes utilisent communément plusieurs types de chaudières et de radiateurs allumés. Les émissions de matières en particules associées à cet équipement correspondant dépendent du carburant brûlé. Les procédés de combustion, dont on s'entretient dans l'autre partie, sont cités ici si des problèmes spécifiques sont associés avec eux.

3.3.1 Laminoirs à Fer et à Acier

Les sources majeures de matières en particules dans les laminoires à fer et à acier sont les installations à agglomération par frittage, les haut-fourneaux et les fours à acier.

3.3.1.1 Les Installations à Agglomération par Frittage du Minérais--Les sources majeures de poussière dans les installations à agglomération par frittage du minerais sont la combustion des gaz aspirés au travers de la couche et les gaz d'échappement provenant de l'affutâge de minerai sintérisé, de son criblage et de son refroidissement.[24] Dans les gaz de combustion, les températures de dégagement s'étendent de 340 à 475 K et à 50 pour cent (par poids) des particules sont plus grosses que 100 mμ.[14]

En BRD, les températures de dégagement varient de 375 à 675 K. Le chargement en particules avant le contrôle de l'équipement s'élève jusqu'à 20 g/Nm^3. Le dégagement spécifique de gaz varie de 1 à 4 Nm^3/kg de minerai sintérisé.[28] Les composés de fer comptent pour jusqu'à 50 pour cent de la poussière; SiO_2

Tableau 3-7. - SOMMAIRE DE PROCEDE INDUSTRIEL

Industrie ou Procédé	Emissions de matière en particules		Autres émissions	Référence
	Nature	Sources principales		
1. Laminoirs de fer et d'acier	Poussières d'oxyde de fer, fumée	Hauts fourneaux, four à acier, machine à éffritage	CO, produits de combustion	13,14
2. Fonderies de fer gris	Poussière d'oxyde de fer, fumée, huile, graisse, vapeurs de métal.	Cubillots, systèmes par oscillation, fabrication de noyaux.	Odeurs, produits de combustion, hydrocarbures des déchets contaminés	15,16,17
3. Raffineries de pétrole et soufflage de l'asphalte	Poussière de catalyseur, cendre, brume d'acide sulfurique, aérosols liquides.	Régénérateurs catalytiques, incinération de boue schlammeuse, soufflage à l'aire de l'asphalte.	Hydrocarbures, SO_x, H_2S, odeurs	15,18
4. Ciment Portland	Base de poussière du produit	Fours, refroidisseurs, systèmes de manipulation de materiaux.	Produits de combustion	15,19
5. Moulins à pâte à papier	Poussières chimiques, brumes	Fours à réclamation chimique, réservoirs à fondre, fours à chaux.	Odeurs, SO_x	20
6. Installations grouter l'asphalte	Poussière d'agrégat	Séchoirs, systèmes de manipulation de materiaux.	Odeurs, produits de combustion	
7. Fabrication d'acide: phosphorique sulfurique	Brume d'acide, poussière Brume d'acide	Procédés thermiques--acidulation de roche phosphatée, meulage et système de manipulation	HF, SO_x, odeurs	21
8. Fabrication du coke	Poussière de charbon et de coke, goudrons de charbon	Chargement et déchargement d'éléments de four, trempage et manipulation de matériel	Phénols, H_2S	13
9. Dispositifs primaires et secondaires pour cuivre, plomb, zinc et aluminium	Fumée, vapeurs de métal, huile et graisse	Fusion et four à fonte	SO_x, produits de combustion	11,15
10. Fabrication de savon et de détergent	Poussières de détergent	Séchoirs, pulverisation, systèmes de manipulation de produit et de matériel brut	Produits de combustion, odeurs	

Tableau 3-7. (suite)

Industrie ou procédé	Emissions de matière en particules		Autres émissions	Référence
	Nature	Sources principales		
11. Fabrication de fours de verreries et de fibres de verre	Brume d'acide sulfurique, poussières de matériel brut, oxydes alcalins, aérosol de résine	Manipulation de matériel brut, fours de verrerie, formation de la fibre de verre et restauration	Produits de combustion	
12. Noir de fumée	Noir de fumée	Générateurs de noir de fumée		
13. Traitement du gypse	Poussières de produit	Grilleurs, séchoirs , système de meulage et de manipulation de matériel	Produits de combustion	22
14. Traitement du café	Bales, aérosols d'huile, cendres, poussière de café deshydraté	Grilleurs, séchoirs à pulvérisation, chaudière à récupération de chaleur perdue, refroidisseurs, équipement de transport, combustion de la bale.		
15. Egrenage de coton	Fibre de coton, poussière et fumée	Egreneuses, incinération de déchets	Défoliants et insecticides	23

et CaO de 15 à 20 pour cent. Le reste consiste en MgO, Al_2O_3, C, S et bases.

Parce que la poussière produite lors de l'agglomération par frittage peut être retournée dans le procédé, la plupart des installations sont équipées de cyclones qui habituellement opèrent à une efficacité de plus de 90 pour cent; toutefois, les chargements du cyclone de sortie varient de 0,45 à 1,4 g/m^3. Les chambres contenant les sacs de haute efficacité offrent une promesse de bien meilleur recueillement, mais peu ont été appliquées à des machines à agglomération par frittage du minerais.[25] Les dépoussiéreurs électrostatiques deviennent plus populaires pour le contrôle des émissions des installations d'agglomération par frittage du minerais, avec 29 dépoussiéreurs existant dans 19 installations aux Etats Unis en 1968.[26]

L'expérience de la BRD expose les efficacités de cyclone entre 75 et 95 pour cent maximum avec chargement de sortie de 0,3 g/Nm^3 (garanti durant la charge continue).[27] Les dépoussiéreurs électrostatiques ont un chargement de sortie atteignant jusqu'à 0,150 g/Nm^3 durant la charge continue.[28]

3.3.1.2 Les Hauts Fourneaux--Le minerais de fer, le coke et la calcaire sont chargés dans le haut fourneau pour faire du fer. Sous des conditions normales, les gaz non traités du four contiennent de 18 à 70 g/Nm^3 de poussière,[29] et la plupart des particules sont plus grosses que 50 mμ. La poussière contient 30 pour cent de fer, 15 pour cent de charbon, 10 pour cent de dioxyde de silicium, et de petites quantités d'oxyde d'aluminium, d'oxyde de manganèse, d'oxyde de calcium, et d'autres matériaux. Les systèmes d'épuration du haut fourneau réduisent normallement le chargement de matière en particules à moins de 23 mg/Nm^3 pour empêcher l'encrassage des fours quand le gaz est brûlé. Ces systèmes sont habituellement composés de chambres de décantation et séparateurs par lavage à voie humide de petite efficacité suivis par des séparateurs par lavage de haute efficacité ou par des dépoussiéreurs électrostatiques.[30]

Tableau 3-8. PRODUCTION AMERICAINE D'ACIER BRUT: 1965 A 1969[11]

Année	Total Mkg	Pourcentage du total		
		Four Martin[a]	Electrique	Procédé à oxygène basique
1965	121 000	72	11	17
1966	121 500	64	11	25
1967	115 000	56	12	33
1968	121 000	50	13	37
1969	128 000	43	14	43

[a]Acier Bessemer inclu.

Tableau 3-9. - PRODUCTION D'ACIER BRUT EN BRD: 1965 A 1970[31]

Année	Total Mkg	Pourcentage du total		
		Four Martin[a]	Electrique	Procédé à oxygène basique
1965	36 821	72	9	19
1967	36 744	60	9	31
1969	45 316	45	9	46
1970	45 041	34	10	56
1971	40 313	28	10	62

[a]Acier Bessemer inclu.

La BRD annonce le plus bas chargement de gaz de haut fourneau non traité (10 à 50 g/Nm^3) avec une contenance en eau de 50 à 60 g/Nm^3. [27] Les systèmes d'épuration réduisent les matières en particules de 5 à 15 mg/Nm^3. [27] Attendu qu'une importante alimentation en ferraille est utilisée, les émissions correspondent à de 6 à 15 pour cent de Fe_2O_3, de 20 à 50 pour cent de ZnO, de 5 pour cent de PbO, de 10 à 15 pour cent d'oxyde alcaliers, et de 20 pour cent de soufre sous forme de SO_3.

3.3.1.3 Les Fours à Acier--Les trois types de fours à acier les plus importants sont les fours Martin, les fours à oxygène basique, et les fours électriques. L'usage relatif sous forme de pourcentage à la production totale de chaque type de four de 1965 à 1969 est montré aux Tableaux 3-8 et 3-9.

Le taux d'émission moyen pour un four Martin à métal chaud est de 0,9 g/Nm^3 pour un four conventionel et de 2,3 g/Nm^3 pour un four à lance à oxygène.[32,33] L'oxyde de fer et du matière prédominante Fe_2O_3 correspondent à plus de 90 pour cent des particules. Environ 50 pour cent des particules émises d'un bout à l'autre d'un chauffage sont de moins de 5 mμ. Le contrôle de l'oxyde de fer demande un équipement de recueillement de haute efficacité tels que des séparateurs venturi, et des dépoussiéreurs électrostatiques. A cause du coût, et du vieillisement des fours Martin, l'industrie a été peu disposé à invester pour les équipements de contrôle nécessaires.[33] Souvent ces fours ont été remplacés par des fours à oxygène basique contrôlés et par des fours électriques.

Plus d'émissions sont crées par un four à oxygène basique que par un four Martin. Les émissions les plus hautes sont créées par le soufflage à l'oxygène avec des émissions caractéristiques d'environ 11 g/Nm^3. [34] Les particules sont petites--85 pour cent sont de moins aue 1 mμ.[35] Une indication rapporte que cette taille de distribution doit être entre 30 et 200 mμ.[36] Tous les fours à oxygène basique aux Etats Unis sont équipés de dépoussiéreurs électrostatiques de haute efficacité ou de séparateurs venturi.

Tableau 3-8. PRODUCTION AMERICAINE D'ACIER BRUT: 1965 A 1969[11]

Année	Total Mkg	Pourcentage du total		
		Four Martin[a]	Electrique	Procédé à oxygène basique
1965	121 000	72	11	17
1966	121 500	64	11	25
1967	115 000	56	12	33
1968	121 000	50	13	37
1969	128 000	43	14	43

[a]Acier Bessemer inclu.

Tableau 3-9. - PRODUCTION D'ACIER BRUT EN BRD: 1965 A 1970[31]

Année	Total Mkg	Pourcentage du total		
		Four Martin[a]	Electrique	Procédé à oxygène basique
1965	36 821	72	9	19
1967	36 744	60	9	31
1969	45 316	45	9	46
1970	45 041	34	10	56
1971	40 313	28	10	62

[a]Acier Bessemer inclu.

En BRD, parmi sept fours à soufflage par la base (capacité de chacun étant de 145 000 kg) deux sont complètement contrôlés et deux de plus doivent être contrôlés vers 1973. Des chambres à sac avec des filtres de tissus (polyestère) sont également utilisés en BRD pour le contrôle.

Les fours électriques sont habituellement utilisés pour la production d'alliage et à cause de leur flexibilité, ils deviennent populaires pour la plupart des opérations de fonte du métal. Les émissions à partir de fours électriques atteignent souvent 7 g/Nm^3; seulement 40 à 50 pour cent de la poussière est de l'oxyde de fer, qui correspond à une quantité considérablement basse par rapport à celle émise par d'autres fours. Les particules sont difficiles à recueillir parce qu'elles ont une extrême tendance à adhérer aux surfaces du tissu, un angle important d'éboulement, une haute résistance électrique et une forte hydrophobicité. Approximativement 70 pour cent par poids des particules sont plus petites que 5 mμ et 95 pour cent par nombre sont plus petites que 0,5 mμ.[37] Néanmoins, plus de 95 pour cent d'un recueillement efficace peut être effectué avec capuchon protecteur approprié et équipement de recueillement à haute efficacité. Les chambres à sac sont spécialement adaptées pour de tel recueillement.

3.3.2 Fondries à Fer Gris

Les cubillots à fonte sont les sources principales de matières en particules dans des fonderies à fer. Les systèmes d'oscillation de la coulée, les systèmes de manipulation du sable, les opérations de meulage et de débavure et les fours à cuire le coke sont les autres sources.

Parmi le total des matières en particules polluantes atmosphériques émises par les producteurs d'acier brut en BRD (72 Mkg/an), il est estimé que 2,8 pour cent de celles-ci proviennent des fonderies de fer gris.

Pour un cubillot, le système de contrôle le plus effectif comprend un

brûleur de post-combustion pour éliminer les combustibles et un filtre en tissu pour recueillir la poussière inorganique et la vapeur. Des refroidisseurs sont utilisés à l'avant de la chambre à sac pour protéger les filtres en tissu de la chaleur des voluminuex gaz d'échappement. La plupart utilisent des tissus de verre; quelques uns, des tissus synthétiques.

En BRD il est suggéré qu'on ferme l'opération complète poussièreuse, commençant avec des cubillots. Toutes les poussières ambientes passeront à travers d'un refroidisseur d'air et des chambres à sac.

Bien qu'un système de contrôle à chambre à sac procure une excellent recueillement des particules, il n'est pas largement accepté, principalement à cause de son coût.[38] Des collecteurs centrifuges à sec et des spéarateurs par lavage à différentes efficacités sont beaucoup utilisés. Les séparateurs par lavage sont reconnus procurer à peu près le même fonctionnement que les filtres en tissu, mais les émissions visibles sont plus prononcées.

L'oscillation de la coulée et manipulation du sable sont les opérations créant de la poussière qui sont normalement bien contrôlés. Des chambres à sac sont communément utilisées; des séparateurs par lavage de moyenne efficacité et des collecteurs centrifuges à sec sont également utilisés.

Les séchoirs de fonderie créent de relativement petites quantités de matières en particules, dont la plupart est finalement divisée en aérosols liquides. Les émissions des séchoirs de fonderie sont les même que celles déchargées par les opérations de cuisson de la peinture et de durcissement de la résine, mais les odeurs sont moins désagréables. Un brûleur de post-combustion convenablement conçu éliminerait la plupart des matières en particules et les odeurs.

3.3.3 Raffineries de Pétrole

Les principales sources de matières en particules dans les raffineries de pétrole sont les récupérateurs à catalyseur, les alambics à asphalte à

air soufflé, et les brûleurs de schlamms. Les sources moins importantes incluent les radiateurs, les chaudières et les torchères de secours.

Dans les appareils modernes à cracking catalytique par fluidisation, les catalyseurs fins circulent dans les récipients du réacteur et du régénérateur. Un régénérateur caractéristique déchargera de 50 à 70 m^3/s de gaz chauds et poussiéreux. Les collecteurs de poussière, ainsi que les chaudières à oxyde de carbone à récupération de chaleur perdue, sont souvent utilisés pour contrôler les émissions; une chaudière à oxyde de carbone peut utiliser la valeur de carburant du gaz épuré de sortie depuis le collecteur de poussière. D'une manière caractéristique, des cyclones à deux ou trois étages sont installés dans les réservoirs du régénérateur des unités a cracking catalytique par fluidisation (CCF) pour récupérer le catalyseur; dans certain cas, les cyclones extérieurs sont installés pour réduire la contenance en matière en particules des gaz brûlés. La déperdition en poussière du catalyseur depuis le régénérateur équipé de cyclones internes et dans certains cas équipé en supplément de cyclones externes, varie de 13 à 45 g/s, ceci dépendant de la taille, de l'âge et du plan de l'unite. Les raffineurs qui utilisent des dépoussiéreurs électrostatiques pour recueillir les particules fines depuis le régénérateur des gaz de sortie ont annoncé des pertes en poussière du catalyseur aussi faibles que 5 à 8 g/s; l'efficacité dépend de l'alimentation du chargement en poussière depuis le régénérateur et du taux d'émission désiré vers l'atmosphère.

Le soufflage des asphaltes produit des brumes de mazout et de goudron et des gaz odorants. Une pratique commune consiste en le nettoyage par frottement du mazout et du goudron du flux de gaz chaud (420 à 480 K). L'eau de mer est quelquefois utilisée dans ce but. En tout cas, des séparateurs sont utilisés pour récupérer le mazout et empêcher la contamination de l'eau effluente, et des brûleurs de post-combustion sont utilisés pour brûler les gaz et les vapeurs non condensées. Des couches de fibres entassées sont également utilisées pour éliminer les brumes de mazout et de goudron aussi bien que les gaz odorants.

Dans les raffineries de pétrole, la combustion en plein air des schlamms peut être la source majeure de matière en particules et d'émissions de dioxyde de souffre. Les schlamms sont des mélanges de résidus lourds de pétrole et de matériaux inorganiques (par exemple: argile, sable et acides). Pour son incinération, les schlamms sont habituellement pulvérisés comme le serait de façon très similaire de mazout lourd. La partie organique peut être effectivement brûlée mais la partie inorganique est entraînée dans les gaz d'échappement à partir desquels elle est recueillie par soit des dépoussiéreurs de haute efficacité, soit par des séparateurs de haute puissance. L'extraction par solvant est une autre méthode pour récupérer la partie organique; on peut se débarasser des solides "épurés" et séparés en les utilisant pour le remplissage des terres. Pour recueillir le dioxyde de soufre, qui n'est pas affecté par ces méthodes, les schlamms peuvent être conditionnés et utilisés dans l'alimentation d'installation à acide sulfurique. Des schlamms de très basse qualité peuvent être versés à la mer.

3.3.4 Mines et Usines à Ciment Portland

L'expolitation d'une mine à matériaux bruts et une usine de ciment créent tous les deux de la poussière. La poussière est produite au cours du forage du trou de mine à la carrière, au cours du tir au front de taille de la pierre, et au cours de chargement des camions. Les sacs filtres sont habituellement les meilleurs moyens de contrôle dans les installations de concassage primaires et secondaires, dans les moulins à affûtage, aux postes de mélange et de transport et finalement, le remplissage des sacs et les opérations de chargement des volumes (camions où chemin de fer) au cours desquelles l'air chargée de matière en particules est à température ambiante.[39]

Les séchoirs rotatifs utilisés dans les installations fabriquant du ciment par procédé sec peuvent être des sources majeurs de poussière--les concentrations allant de 12 à 23 g/Nm^3. Des chambres à sac ou des combinaisons de plusieurs

cyclones avec chambres à sac sont fréquemment utilisées. Les installations les plus récentes fabriquant du ciment par procédé sec incorporent l'opération de séchage au circuit de meulage des matériaux bruts dans une telle combinaison "séchoir dans le moulin", les poussières du séchage et du meulage sont normalement évacuées vers la chambre à sac.

Les sources majeures des émissions des installations fabriquant du ciment sont les fours à allumage direct pour la combustion de la crasse de fonte du ciment Portland. Les chargements en matière en particules du gaz de sortie sont habituellement de 12 à 23 g/Nm^3 pour les fours à procédé humide et de 25 à 45 g/Nm^3 pour les fours à procédé sec. Le volume des gaz chauds du four, d'une température qui varie de 530 à 590 K, peut excéder 120 m^3/s. Plus de 85 pour cent par poids des particules sont plus petites que 20 mμ. Les constituants chimiques sont: de l'oxyde de calcium (CaO), environ 41 pour cent; du dioxyde de silicium (SiO_2), 19 pour cent; des oxydes d'aluminium et de fer (Al_2O_3 + Fe_2O_3), 9 pour cent, et du gaz carbonique (CO_2) environ 31 pour cent.[40] Les dépoussiéreurs électrostatiques et les filtres en tissu sont largement utilisés pour contrôler les émissions de matière en particules depuis les deux types de fours à procédés humides ou secs, mais parfois les dépoussiéreurs manquent de donner un contrôle adéquate.[41] En BRD les dépoussiéreurs électriques de 98 à 99,9 pour cent d'efficacité sont utilisés avec des concentrations de poussière allant de 80 à 620 mg/Nm^3 dans les gaz de sortie.[42]

3.3.5 Moulins de Pâte à Papier

La source majeure de matières en particules dans la fabrication de la pâte à papier est le four de récupération où les liqueurs de cuisson employées sont brûlées pour éliminer les matériaux organiques du bois et récupérer les produits chimiques inorganiques de cuisson. Le sulfate de soude est la plus importante émission de matière en particules. De petites quantités de carbonate de soude, de sel, de silice, des traces de chaux, de l'oxyde de cuivre, de

l'aluminium et de la potasse sont également emis. Parce que 95 à 98 pour cent du total de la boue dégérée trouve sa voie vers la liqueur consommée, il est impératif du point de vue économique qu'on les récupèrent. Les dépoussiéreurs électrostatiques à environ 90 pour cent d'efficacité sont utilisés pour les fours à récupération;[1] mais des spécifications pour les années 1970 réclament des efficacités de environ 99 pour cent.[26] De récents expérimentations avec des couches de fibres entassées semblent être en accord avec les spécifications de 1970.[43]

D'autres sources de matière en particules sont les réservoirs de fusion et les fours à chaux. Une file de poussière provenant de fours à chaux peut être recueillie avec 85 à 90 pour cent d'efficacité par des séparateurs venturi. Des pulvérisations d'eau d'une efficacité allant de 20 à 30% et des antibuées de maille d'une efficacité de 80 à 90% sont habituellement utilisées dans les réservoirs de fusion.

3.3.6 Installations Chargeant l'Asphalte

Les installations chargeant l'asphalte sont des sources potentielles d'émissions de poussière dense. Le chargement de l'asphalte suppose le mélange de sable chaud et sec, d'agrégat, et de poussière minérale avec l'asphalte chaux.

Bien que les convoyeurs et les ascenseurs créent de la poussière, la source majeure est le séchoir à allumage direct utilisé pour sécher et chauffer les agrégats. Les gaz de sortie varient entre 400 et 530 K à des taux de volume de 6 à 25 Nm^3/s. La plupart des séchoirs ont de séparateurs simples sous forme de cyclone qui recueillent de 70 à 90 pour cent de la poussière entraînée dans les gaz de sortie. Néanmoins, le taux de poussière restante dans le flux du gaz corréspond habituellement à plus de 126 g/s; ainsi, des contrôles du taux de poussière sont fréquemment nécessaires. Dans beaucoup de zônes, des séparateurs centrifuges et à chicanes contrôlent la fine poussière qui s'échappe du premier cyclone; quelques-uns excèdent 99,0 pour cent d'efficacité, avec des déperditions variant de 2,5 à 5 g/s. Il est commun de décharger les ascenseurs et les plus importants postes de transfert vers le séparateur.[44]

En BRD, la contenance en poussière du gaz contrôlé varie entre 10 et 150 g/Nm^3. Les concentrations de sortie en excès de 100 g/Nm^3 ne sont pas permises. Des chambres à sac et séparateurs à procédé humide sont utilisés comme contrôle.[45]

Les filtres en tissu à haute température ont été utilisés avec succès dans des installations chargeant l'asphalte depuis 1950. Plusieurs d'entre eux installées à Chicago, Illinois, donnent un excellent recueillement des fines particules dans les émissions fines et non visibles depuis la chambre à sac. Bien que les filtres en tissu sont fréquemment plus chers que les séparateurs, ils recollent des fines sèches qui peuvent être utilisables dans les bétons d'asphalte de bonne qualité; ils préviennent le besoin de bassins de suspension et ils empêchent les problèmes de l'eau.

3.3.7 Installations pour la Fabrication d'Acide

La plupart des matières en particules attribuées à la fabrication d'acide sont créés lors de la production d'acides sulfuriques et phosphoriques. La fabrication de deux autres acides importants industriels--l'acide nitrique et l'acide hydrochlorique--ne crée pas de grosses quantités de vapeur d'acide.

Plus de 90 pour cent de l'acide sulfurique est fabriqué par procédé de contact.[21] Dans ce procédé, les matériaux de soufre ou contenant du soufre sont brûlés en dioxyde de soufre(SO_2) et convertis en trioxyde de soufre (SO_3) d'une matière catalytique. Les émissions non contrôlées varient de 0,114 à 0,525 g/Nm^3, dépendant d'une grand partie du plan de l'installation et du fonctionnement correct de l'absorber d'acide. La plupart des installations modernes sont équipées de dépoussiéreurs électrostatiques de haute efficacité et d'éliminateur à maille à 99 pour cent de récupération. Les brumes d'acides sont habituellement contrôlées pour une étendue beaucoup plus grande que celle sur laquelle le dioxyde de soufre gazeux ne se dégage.

En BRD, la plupart de l'acide sulfurique est produit par un procédé à double contact qui est décrit dans la Référence numéro 46. Les installations modernes sont équipées de dépoussiéreurs électrostatiques, d'éliminateurs à

maille ou de couches de fibres entassées avec des efficacités de 100 pour cent pour des gouttelettes plus grosses que 3 mμ et des efficacités atteignant 99,9 pour cent pour des gouttelettes plus petites que 3 mμ.[47,48]

L'acide sulfurique est également fabriqué par un procédé utilisant des chambres. La source primaire des émissions dans ce procédé est la tour de Gay Lussac finale. La vapeur d'acide sulfurique et la pulvérisation combinées dans le gaz de sortie varie de 0,18 à 1,0 g/Nm^3.

Pour fabriquer de l'acide phosphorique, deux procédés sont utilisés. Celui qui produit de l'acide des industries de l'alimentation et des détergents est similaire au procédé de l'acide sulfurique par contact. Un acide de grande pureté est produit par la combustion de phosphore élémentaire en du pentoxide (P_2O_5), qui est hydraté et absorbé dans l'acide phosphorique. Du phosphore de haute qualité est fabriqué dans des fours électriques, qui produisent de composés gazeux de fluor et des matières en particules. Les brumes sont recueillies depuis les gaz d'échappement avec des dépoussiéreurs ou avec des séparateurs à importante perte de charge et à séparateurs à entraînement à maille. Les brumes s'échappant récoltées sont extrèmement hygroscopiques, donc les émissions visibles sont prononcés à moins que les efficacités importantes de collecte ne soient réalisées. Les couches de fibres tassées qui ont des efficacités jusqu'à 99,9 pour cent fonctionnent pour réduire l'émission visible.[49]

Le procédé humide produit de l'acide phosphorique pour l'industrie des angrais en faisant réagir l'acide sulfurique avec la roche phosphatée. Des matières en particules sont produites principalement lors de la manipulation du matériel et des opérations du meulage. Néanmoins, l'acidification libère de grosses quantités de tétrafluorure de silicium gazeux (SiF_4), qui doivent être éliminées par les séparateurs.

3.3.8 Les Fours Fabriquant du Coke

Le coke métallurgique est le matériau solide restant après distillation

distillation de certains charbons. Environ 90 pour cent du rendement en coke américain est utilisé pour la production de l'acier de haut fourneau.

La cokéfaction conventionelle est faite en chargeant du charbon au travers des orifices au sommet de fours à coke type à mortaise. Le gaz du four et autre combustible utilisable est brûlé dans les carneaux entourant le four pour fournir du chaleur. Avec une température de carneau d'environ 1 700 K, la période de cokéfaction est en moyenne de 17 à 18 heures. A la fin de cette période, le coke incandescent est poussé hors du fourneau dans des chariots et porté à une station d'extinction où il est refroidi avec des pulvérisations d'eau.

Les émissions de poussière de charbon et de coke résultent du non chargement charbon-chariot, du stockage du charbon, du broyage et du criblage, du processus de cokéfaction (c'est au cours du chargement du four en sous-produit et du détournage du coke produit dans les chariots d'extinction où les plus gros dégagements de poussières se produisent), de l'extinction et du déchargement final depuis le chariot d'extinction.

Les fours à coke à mortaise comprennent les caractéristiques suivantes qui accélèrent les opérations et minimisent les fuites:

1. Des carneaux mieux déssinés, à parois de chauffe plus fines pour améliorer le transfert de chaleur, minimiser les emplacements froids et la sous-cokéfaction et pour donner une opération de poussage plus propre.
2. Réfractaires améliorés, avec moins de scheidage et de fissuration, pour diminuer le voilage des pièces en métal du four, les fuites de gaz dans les systèmes des carneaux et des cheminées, et évacuer ceux qui sont pleins de charbon sous-cokéfié et qui provoquent de la fumée lors du défournage.
3. Des portes de four étanches au gaz et se scellant automatiquement pour minimiser le scellement manuel avec de l'argile.
4. Des épurateurs mécaniques ou des scelleurs automatiques pour les portes

et pour les couvercles des orifices de chargement du sommet pour minimiser les fuites de gaz chauds.

5. Scellement des manchons pour les barres de nivellement à fin d'applanir la charge du four et permettre un passage libre du gaz au dessus de la charge dans le collecteur principal.
6. Elimination mécanique des couvercles du sommet par où le charbon est chargé et possibilités de charger tous les trois orifices d'un four rapidement et simultanément, avec la plupart du gaz de récupération en action.
7. Aspirateurs de jet de vapeur dans les conduites du collecteur de sous-produit pour aider à la récolte de sous-produit.
8. Un collecteur à élément interne pour normaliser la pression de l'élément d'un bout à l'autre de la batterie.
9. Chargement du chariot par manchon volumétrique et chutes d'entraînement de la poussière pour minimiser les pertes en matière en particules.
10. Dispositif de chicanes en bois pour séparer les matières en particules de la tour d'extinction des gaz effluents.

En BRD il est rapporté que le contrôle complet des poussières de cokéfaction a été réalisé à Essen par des sources de récupération de poussière à des systèmes fermés, utilisant des évacuateurs à jet de vapeur et des dépoussiéreurs électrostatiques.

Le four à ruche est le type le plus simple de four à cokéfaction à partir duquel les produits de distillation ne sont pas récupérés. Son utilisation a diminuée avec le développement de four de type à mortaise ou à sous-produit; mais il a un avantage durant les périodes de produciton de pointe: le capital d'investissement est plus bas, et les périodes de non fonctionnement peuvent être tolérées. Environ 1,5 pour cent du total de charbon cokéfié aux Etats Unis en 1967 était produit dans des fours à ruche. Environ 25 à 30 pour cent du charbon chargé dans ces fours est émis sous forme de gaz et de matières en parti-

cules. Conduire ces émissions vers un brûleur de post-combustion semble être une méthode de contrôle admissible.

Une autre forme de coke, utilisé dans les réfractaires des hauts fourneaux et dans la fabrication des électrodes pour les fours à réduction du gros acier et de l'aluminium, est calciné en coke de pétrole. La calcination dans un four rotatif à une température de 1 200 K élimine l'eau absorbée, l'huile lourde et forme un produit calibré au marbre. Les hydrocarbures volatilisés sont habituellement passés dans une chambre de combustion à 1 500 K avant d'être dégagés dans l'atmosphère. Le transport consécutif pour le stockage de produits poussiéreux demande l'utilisation de capuchon, de conduites fermées et une attention spéciale pour le pouvoir abrasif de la poussière. Le contrôle des matières en particules durant le chargement du coke est accompli au moyen de tubage concentrique; le tube intérieur rempli transporte le coke, et le tube extérieur dégage la poussière entraînée depuis un wagon de chemin de fer fermé, un camion ou la cale d'un navire. Les chambres à sac capturent la poussière du chargement aussi bien que la poussière produite à d'autres points de transport et de manipulation.

Pour la description de la technologie de la BRD dans la partie au dessus, voir les Références 50, 51 et 52.

3.3.9 Dispositifs de Fonte Primaire et de Récupération Secondaire pour le Cuivre, le Plomb, le Zinc et l'Aluminium

Au cours de la fonte primaire du plomb et de l'acier, le sulfure du minerai est premièrement converti en un oxyde par grillage, et ensuite l'oxyde est réduit en du métal dans un récipient séparé. Le cuivre, néanmoins, demande une étape de fonte préliminaire--en mélangeant la charge avec de la pierre à chaux--pour réduire naturellement le sulfure complexe qui se produit en sulfure cuivreux (CuS_2) afin que ce sulfure puisse être converti en soufflure de cuivre dans un convertisseur et que le souffre puisse être éliminé par oxydation. Le gaz de dioxyde de souffre est dégagé avec des matières en particules--pour la plupart, ce sont des oxydes sublimés, de la poussière et des brumes d'acides.

Quand ces émissions de dioxyde de souffre excèdent trois pour cent des volumes d'échappement du four, la récupération par une installation fabriquant de l'acide sulfurique est possible et les gaz du four de fusion allant vers l'installation à acide devraient être prétraités pour éliminer les matières en particules. Le contrôle par installation à acide sulfurique est la voie généralement suivie par la BRD. L'équipement de purification consiste en cyclones, en dépoussiéreurs électrostatiques de poussière et de brume accompagnant des séparateurs et en tours de refroidissement du gaz dans différentes combinaisons. Si la récupération du dioxyde de souffre n'est pas pratiquée, des antibuées en fibre de verre ou des dépoussiéreurs sont normallement utilisés pour éliminer les matières en particules.

La plupart des matériaux d'alimentation dans les fours de récupération secondaire sont des alliages de cuivre, de zinc, d'étain ou de plomb sous la forme de feraille solide et de scories. Les gaz des fours peuvent contenir des vapeurs d'oxyde des métaux pendant leur faible ébullition; quelques-unes particulièrement sont des vapeurs de plomb et de zinc en dessous d'un micron (par exemple, des vapeurs de zinc de 0,03 à 0,5 mμ). Les chambres à sac sont habituellement utilisées pour contrôler ces vapeurs, mais des dépoussiéreurs électrostatiques sont utilisés si les gaz sont corrosifs. Si les déchets de métal sale ne peuvent pas être épurés avant la fonte, ils peuvent créer des vapeurs de graisse et d'huile sous forme de fumée durant la phase de chauffage et ainsi l'incinération de la fumée dans un brûleur de post-combustion est nécessaire.

La pratique en BRD est de brûler les éclats couvert d'huile provenant des fonctionnements des machines avant la fonte.

La description de la technologie en BRD peut être trouvée dans les Références 53, 54, 55, 56 et 57.

L'aluminium métallique est produit par réduction électrolytique de l'alumine (Al_2O_3) dans un bain de cryolite en fusion par le procédé de Hall-Heroult

avec des températures de fonctionnement de l'élément allant de 1 200 à 1 260 K. Les gaz toxiques et corrosifs produits dans les éléments sont du fluorure d'hydrogène et des fluorures volatilisés; quelques-uns de ces matières en particules fines sont entraînées dans les gaz de sortie. Les séparateurs à eau sont utilisés pour recueiller à la fois les gaz et les matières en particules. Quelques installations utilisent des chambres à sac avec des sacs filtres en tissu enduits d'alumine.[58]

La récupération secondaire de l'aluminium produit des matières en particules à partir les flux, les impruetés huileuses et graisseuses de la ferraille, et depuis la chloruration de l'aluminium fondu. Quand du gaz de chlore est utilisé pour éliminer le gaz de la coulée ou pour éliminer le magnésium, de la vapeur de gaz hydrogène chlorure et d'aluminium chlorure sont dégagées. La vapeur est difficile à recueillir parce qu'elle est fine et hygroscopique. Les séparateurs à eau sont utilisés pour recueillir les contaminants gazeux.

En BRD, la contenance des gaz d'échappement en poussière, produite lors de la récupération secondaire de métaux non ferreux, est limitée à 50 mg/Nm^3.

Une description plus approfondie de la technologie de la BRD peut être trouvée à la Référence 59.

3.3.10 Installations Fabriquant du Savon et des Produits Synthétiques

Les sources principales de matières en particules dans la fabrication du savon et des détergents synthétiques sont la manipulation de matières brutes sèches et de pulvérisation séchant ces produits. Les filtres en tissu sont largement utilisés pour contrôler les poussières produites depuis ces opérations.

Les procédés chimiques humides sont relativement innofensifs en ce qui concerne les matières en particules, mais des gaz et des vapeurs odorants sont produits dans certains cas. Les gaz des séchoirs par pulvérisation, dégagés à approximativement 370 K, contiennent de grosses quantités d'humidité. De plus, le produit est collant à cette température, et la collecte à sec dans les filtres en tissu ou dans les dépoussiéreurs électrostatiques est difficile. Des cyclones

multiples peuvent être utilisés comme pré-épurateurs, mais des séparateurs par lavage sont presque exclusivement utilisés pour recueillir la poussière fine. Des unités venturi à pression modérée ou des séparateurs par lavage à chicanes donnent un contrôle adéquat dans beaucoup de cas; ceux-ci utilisent habituellement des eaux schlammeuses plutôt que de l'eau, et le produit est récupéré depuis les eaux schlammeuses. Des particules résiduelles fines, avec également de hauts niveaux d'humidité attribuent une opacité marquée aux gaz de cheminée; cette opacité peut quelquefois être évitée en attendant pour ajouter moins de stables ingrédients au produit jusqu'à après le séchage par pulvérisation.

3.3.11 Les Fours de Verrerie et les Dispositifs à Fibre de Verre

Les fours à révérbère, utilisés pour produire à peu près tous les produits en verre, créent des quantités signifiantes de matières en particules.

Dans les fours de verrerie, lé pétrole ou le gaz naturel est allumé directement au dessus de la coulée. La chaleur est nécessaire dans l'empillage des récupérateurs et utilisée pour préchauffer l'air de combustion. Des matériaux bruts--principalement des boûts de verres (déchet de verre), de la castine, de la cendre de soude, Na_2SO_4, et du sable--sont chargés à une extrèmité et le verre fondu est tiré depuis une autre extrèmité. Des températures jusqu'à 1 760 K dans le four sont habituellement proches de 1 500 K au point de décharge.

Les matières en particules des gaz d'échappement sont retraçables à deux sources principales: (1) les matériaux bruts non fondus entraînés dans les gaz de combustion et (2) des autres solides (oxydes de potassium, sodium, et calcium) entraînés dans les gaz de dioxyde de carbone depuis la coulée. Les pertes des gros fours varient de 1 g/s jusqu'à des pertes aussi importantes que 12 g/s; la plupart des unités dégagent moins de 5 g/s.

Les émissions sont contrôlées grâce au plan du four, au chauffage électrique, et au contrôle du matériel brut plutôt que par les dispositifs d'épuration de cheminée. Le contrôle avec des filtres en fibre de verre est faisable, mais

les matières en particules sont extrêmement difficiles à manipuler. Pour la technologie en BRD, voir Référence 60.

Dans la fabrication de la fibre de verre, les odeurs et les particules visibles des processus de formation sont tous les deux inacceptables. Des brûleurs de post-combustion à allumage direct, aussi bien que des couches de fibres entassées, ont été utilisés avec succès dans les fours de fumerie pour contrôler ces émissions.[1]

3.3.12 Installations à Noir de Fumée

A cause des tailles extrêmement petites (0,01 à 0,4 mμ) et du caractère flcu des particules de noir de fumée, elles sont facilement émises à cause de mauvaise manipulation et transfert.

Dans le processus d'un four à noir de fumée (pétrole ou gaz), qui compte pour 94 pour cent de la production totale, la température du four est maintenue à environ 1 650 K, mais les gaz chargés en noir de fumée sont refroidis de 500 et 560 K avant qu'ils n'entrent dans l'équipement-collecteur de poussière. Le système préféré est un agglomérateur suivi d'une chambre à sac;[23] l'efficacité globale de collection d'un tel système est d'environ 99 pour cent. Voir Référence 61 pour la technologie de la BRD.

3.3.13 Installations Produisant du Gypse

Le gypse, l'ingrédient de base du plâtre et des cloisons, est habituellement fabriqué par meulage, par séchage et par grillage de la pierre de gypse dans des systèmes hautement mécanisés. Ces processus sont des sources principales de poussière. La manipulation, l'empaquettage, et la fabrication de cloison sont les sources secondaires.

Le gypse est séché dans des séchoirs à allumage direct pour éliminer l'humidité libre avant le grillage. Les gaz d'échappement à une température d'environ 380 K contiennent une grosse quantité de poussière. Les dépoussiéreurs électrostatiques, les chambres à sac, ou les séparateurs par lavage sont presque toujours utilisés pour éliminer la poussière des gaz de sortie.

Le grillage à une température de 480 à 500 K dans des chaudrons chauffés ou dans des convoyeurs produit moins de gaz de sortie que ne le font les séchoirs. Les dépoussiéreurs électrostatiques ont été employés pour contrôler les fours de grillage, mais la récolte de la poussière n'a pas toujours été correcte. Les chambres à sac se trouvent actuellement une meilleure approbation. La plupart des nouvelles installations de gypse sont équipées de fibres en tissu à haute température avec radiateurs pour empêcher l'humidité de se condenser dans les conduites. Des chambres à sac auxiliaires recueillent la poussière des postes de transport et de traitement. Dans la plupart des cas, un produit vendable est réclamé.

3.3.14 Installations Traitant le Café

Le traitement des grains de café vert et la production de café instantané deshydraté produisent de la poussière et des aérosols liquides aussi bien que des odeurs. Les sources d'émissions sont les machines à griller, les séchoirs par pulverisation, les chaudières à récupération de chaleur perdue et les épurateurs de café vert.

Les machines à griller sont les sources prédominantes d'aérosols d'huile et d'odeurs, mais elles créent également des quantités significatives de matières en particules solides. L'écorce, une membrane écailleuse du grain, et d'autres solides sont récoltés dans de simples cyclones de 480 à 370 K. Les aérosols et les gaz odorants restant sont brûlés dans des brûleurs de post-combustion de 920 à 1 030 K.

Les séchoirs par pulvérisation, non différents de ceux utilisés dans d'autres industries, sont utilisés pour produire du café instantané. Si les séchoirs fonctionnent correctement, de petites quantités de matière en particules sont produites. Un contrôle satisfaisant de la poussière peut être obtenu avec des collecteurs à sec à cyclone multiple. Des refoulements périodiques, néanmoins, peuvent causer des décharges occasionnelles de matières en particules; c'est pourquoi beaucoup d'installations emploient des séparateurs par lavage ou des chambres à sac en

aval des collecteurs mécaniques. Les fines recueillies sont mélangés avec le courant principal de produit.

La production du café instantané produit de grosses quantités de moulures de café filtré qui sont habituellement brûlées dans des chaudières à récupération de chaleur similaires aux chaudières allumées au charbon. Les émissions de matière en particules dépendent du type d'allumage et de la contenance en cendre (habituellement environ 4 pour cent par poids de moulures sèche).

L'épuration et la manipulation du café vert produisent de la poussière et des écorces qui peuvent être normallement bien manipulées dans de cyclones simples.

3.3.15 Installations à Egrener le Coton

Les sources majeures de matières en particules de l'égrenage du coton proviennent de l'égrenage même, et de l'incinérateur pour la combustion. Des cyclones multiples de haute efficacité recueillent avec succès les particules vulgaires de l'égrenage, et des filtres en acier inoxydable allignés qui ont été récemment developpés sont efficaces pour les fines particules provenant de l'épurateur de dépôt de l'égrenage. Parce que l'incinération des débris crée une grosse proportion de matières en particules dégagées depuis des installations d'égrenage non contrôlées, l'élimination par compostage, plutôt que l'incinération, est pratiqué dans certaines régions du pays.

3.4 ACTIVITES DE CONSTRUCTION ET DE DEMOLITION

Périodiquement, la construction et la démolition de bâtiments et de routes créent des problèmes d'ennuis locaux à cause de la matière en particules. Les opérations principales de construction et de démolition produisant de la poussière sont:

1. La démolition de masonnerie.
2. La combustion à ciel ouvert de structures en bois, d'arbres de bosquets et de bois de construction.
3. Le mouvement des véhicules sur des routes non pavées.
4. Nivellement de la terre.

5. La manipulation et la chargement vers un site de ciment Portland, de plâtre, et de matériaux similaires.

6. Le décapage au sable de bâtiments.

Des techniques ont été développées pour minimiser les émanations de poussière depuis la plupart de ces opérations, mais elles sont modérément honéreuse et offrent peu ou pas de compensation monétaire en retour.

3.4.1 Démolition de Masonnerie

Quand un mur en brique, en plâtre ou en béton est démoli, la plupart des matières en particules sont dégagées quand le mur cassé heurte la terre ou le sol. Avant que les murs ne soient abattus, ils devraient être pulverisés d'eau; et après la chute, encore plus d'eau devrait être pulverisée sur la pile de décombre. Cette technique, à son mieux, est inefficace--elle peut réduire les matières en particules de seulement 10 à 20 pour cent. Par temps froid et quand il gél, les systèmes de pulvérisation à l'eau deviennent presque complètement inopérants.

Une idée de recueillement de la poussière sur les sites de démolition exige la clôture des quatres côtés du bâtiment avec des plaques de plastique attachées à l'échaffaudage par des cales déplaçables et l'utilisation d'un ventilateur d'échappement pour aspirer l'air depuis le sommet du bâtiment dans des filtres à sac .[62] Cette idée est une parmi les quelques possibilités de récolte de poussière de démolition dans les métropoles congestionnées.

3.4.2 Combustion des Ordures

Parce que la combustion à ciel ouvert ne peut pas être contrôlée d'une manière adéquat, les combustibles doivent être déplacés vers un incinérateur contrôlé, ou utilisés pour le remplissage des terres purifiées.

3.4.3 Déplacement de la Poussière de Routes

Les camions se déplaçant sur des routes sèches, non pavées en projet de construction sont une source principale de poussières. La poussière peut être tenue à un niveau tolérable par goudronnage, par huilage ou par de fréquentes pulvérisations d'eau.

3.4.4 Le Nivellement des Routes

La poussière créé par les équipements qui déplacent de la terre est moins importante quand les vents sont légers et que les matériaux sont humidifiés pour minimiser la poussière dans les courants d'air ambient. Le sable, la roche, le gravier et le rêvetement de route peuvent être pulverisés avec de l'eau.

3.4.5 Manipulation de Matériaux Poussiéreux

Le ciment Portland, le plâtre et des matériaux similaires sont facilement en suspension dans l'air durant leur manipulation et leur chargement, spécialement si les matériaux sont mélangés sur le site même. La meilleure solution est de mélanger ces matériaux en un endroit central, pour placer des capuchons protecteurs aux postes principaux, et pour évacuer la poussière dans un filtre en tissu.

3.4.6 Décapage au Sable des Bâtiments

Le décapage au sable crée des particules qui sont difficiles à contrôler. Quand l'accès est possible, des capuchons protecteurs et des conduites peuvent être fournis depuis le poste de décapage au sable vers une chambre à sac ou un dispositif similaire de collecte de poussière à haute efficacité. Une pratique plus commune est d'envelopper l'ouvrier et la zône et d'insuffler de l'air propre dans un tuyau à celui-ci, mais cette pratique est réalisable avec succès seulement quand les vents sont légers.

Le décapage au sable a été remplacé dans de nombreuses régions par un nettoyage à la vapeur et un lavage à l'acide.

3.5 SITES D'ELIMINATION DES DECHETS SOLIDES AUX ETATS UNIS

Parmi les déchets solides recueillis en 1967, 86 pour cent était éliminé dans des sites d'élimination, 8 pour cent était brûlé dans des incinérateurs municipaux, et seulement 6 pour cent était éliminé par les remplissages de terrain avec des déchets épurés.[63] Il y a approximativement 12 000 sites d'élimination aux Etats Unis.[63] De tels sites, appartenant soit à des organismes privés ou publiques,sont utilisés par des entrepreneurs publiques ou privés pour décharger les déchets solides. Seulement 6 pour cent de ces sites sont des

terrains remplis de déchets épurés, avec couche journalière mais non pas de combustion à ciel ouvert. Les trois-quarts du 94 pour cent restant ont une forme quelconque de combustion à ciel ouvert.[63] Ce dernier type d'élimination compte pour une grosse participation dans les émissions de matière en particules estimées s'élever de la combustion des déchets solides et cause des émissions qui incitent souvent les plaintes des citoyens.[64] Les matières en particules de l'incinération causent de la saleté, une visibilité réduite, et donne à l'air une apparance de fumée.

Une certaine quantité des déchets de la construction, des bâtiments institutionnels, de l'industrie et de l'agriculture est également brûlée. Le brûlage des champs pour éliminer les mauvaises herbes ou les résidues, l'incinération des déchets de bois et la combustion des carosseries de voiture pour la récupération contribuent d'une manière signifiante aux problèmes de pollution de l'atmosphère locaux et même régionnaux; dans certaines régions du pays, les sources peuvent être, en fait, la cause la plus importante de la pollution atmosphérique par de la matière en particules.

Les déchets solides sont groupés dans cinq catégories:[65]

1. Les déchets solides domestiques ou commerciaux comprennent les déchets de nourriture, de papier, de plastiques, de métaux, de vêtements, de bois et de beaucoup d'autres matériaux.
2. Les déchets de construction et de démolition comprennent des matériaux de construction tels que du bois, de l'acier, du plâtre, de la brique et du béton.
3. Les déchets solides institutionels, à partir des hopitaux, d'hospices et d'autres institutions sont semblables aux déchets domestiques et commerciaux, mais ils peuvent contenir des matériaux pathogènes.
4. Les déchets solides industriels comprennent une variété de matériaux combustibles et non-combustibles.

5. Les déchets agricoles comprennent la fiente des animaux et les résidus de récolte, mais excluent les tas de bois et de brouissailles brûlés dans les incendies de forêts accidentels.

Aux Etats Unis, 2,5 kg/jour par habitant de déchets et d'ordures sont recueillis. D'autres formes de déchets solides--tels que des déchets industriels et des matériaux éliminés par incinération locale non-contrôlée--s'élèvent à au moins 2 kg/jour par habitant.[1]

Une étude indique que si les tendances actuelles se poursuivent et que des installations à longue portée ne sont pas implantées, les Etats Unis n'auront pas la possibilité de contrôler la quantité croissante de déchets solides produits en 1975.[66] Un meilleur fonctionnement et une meilleure planification (peut être sur une base régionale) et l'utilisation d'une technologie réelle, spécialement en ce qui concerne les domaines de l'incinération et les opérations de remplissage de terres avec des déchets épurés, sont les clés pour dominer le problème de la pollution de l'air depuis l'élimination des déchets solides.

3.5.1 Elimination sans Incinération

Les méthodes d'élimination et de réduction de volume qui n'utilisent pas l'incinération sont plus désirables en ce qui concerne la pollution de l'air, et dans beaucoup de cas, elles sont plus économiques et plus acceptables aux habitants.

3.5.1.1 Le Remplissage de Terres avec des Déchets Epurés--Le remplissage de terres avec des déchets épurés, n'étant pas confondu avec un tas de déchets à ciel ouvert, est un moyen acceptable d'élimination des déchets solides.[67] Presque n'importe quelle sorte de déchet solide peut être éliminée sans combustion à ciel ouvert par sa décharge systématique dans le sol ou dans des tranchées et en la rendant compacte en faisant circuler un bulldozer ou quelque autre équipement lourd sur elle, et en la couvrant à la fin chaque jour avec une couche de terre compacte pour empêcher l'infestation de rongeurs et d'insectes et pour retenir les odeurs. Quand elle est complètement remplie, la terre peut être

utilisée ainsi pour former des parcs et de zônes de d'étente. Les émissions sont limitées aux matériaux entraînés dans l'air par les équipements déplaçant la terre; ces émissions peuvent être minimisées en humidifiant le matérial de remplissage.

Le choix du site et de la méthode d'opération du remplissage de terres par des déchets épurés dépendent premièrement de la topographie et l'utilité de la terre, mais d'autres facteurs tels que la longueur de la traction, le drainage de la terre, l'origine du matériel de couverture, et la quantité et le coût de la terre nécessaire pour contrôler la création future de déchets doivent également être considérés.

1. Les demandes en terres. Normalement, les sites sont sélectionnés pour des périodes de 10 à 20 ans. Environ 1 200 m^3 de terre sont demandés par 1 000 personnes par année d'opération, alors que la production de déchets est de 2 kg/jour par habitant.[68] Le matériel de couverture, au moins 20 pour cent par volume de déchets compactes, peut être fourni par le site ou transporté depuis des sites voisins.
2. Topographie. Les zônes formant des dépressions, tels que les ravins ou des puits abandonnés, sont habituellement des sites interressants, mais la terre plate peut être utilisée en appliquant des excavations progressives ou la méthode taille-et-couvre.[67]
3. Opération. L'utilisation continuelle des équipements lourds déplaçant la terre est nécessaire pour rendre compact et pour couvrir les déchets avec pas moins de 150 mm de materiel de remplissage au moins une fois par jour. Une couche intermédiaire de 800 mm de matériel de couverture est habituellement établie sur les sections complètes. Une couverture finale de 600 mm est un minimum pour un site entier à l'achèvement de l'opération.
4. Coût. Les coûts du site, de la préparation du site, et l'opération doivent être estimés; et la valeur finale de la terre quand il est

reclamé doit entrer en équilibre à rapport aux coûts initiaux du terrain. Les coûts de l'équipement et du fonctionnement habituellement varient de $0,88 à $1,65 par 1 000 kg de déchets solides placés dans le remplissage de la terre.[69] (Le coût du transport vers le site n'est pas inclu dans cette statistique.)

3.5.1.2 Le Compostage--Le compostage, quand il est appliqué à l'élimination de déchets, est la décomposition biologique des composants organiques des déchets. Le résidue organique stable, le produit définitif, est utilisable en tant que réenforceur de sol de basse qualité. Le marché du compost, néanmoins, n'a pas été fleurissant à cause des produits commerciaux équivalents qui sont moins coûteux.

Parce que les coûts du compostage sont les même ou plus élevés que ceux de l'incinération, seulement quelques installations fonctionnent actuellement aux Etats Unis.[70] Le compostage peut être une méthode valable de manipulation de déchets organiques avec peu ou pas de pollution de l'air par de la matière en particules, là où les engrais commerciaux ne sont pas absoluement nécessaires et où le marché de rebus est bon. Néanmoins, les problèmes d'odeurs doivent être maitrisés.

3.5.1.3 Le Déchiquettage--L'élimination des déchets de grosse taille peut être facilitée par le déchiquettage. Les pneus de voitures, par exemple, peuvent être déchiquetés et placés dans le remplissage de terre avec des déchets épurés au lieu d'être brûlés. Les déchets importants de bois, tels que le bois flotté et les déchets de démolition combustibles, ont été jusqu'ici brûlés en plein air, mais ils peuvent être déchiquettés et brûlés dans un incinérateur contrôlé s'ils sont mélangés avec des déchets afin qu'ils ne voilent pas les grilles.

Chaque année aux Etats Unis, plus de 6 millions d'automobiles sont jetées au rebut. C'est pourquoi l'élimination de carosseries de voitures est un des problèmes croissants des déchets solides de taille importante. La solution

la plus prometteuse apparaît être l'augmentation de l'utilisation de la ferraille dans les industries de l'acier domestique et de fonderie. La combustion des carosseries de voitures est apparamment nécessaire pour éliminer le capitonnage, la graisse, et la peinture et pour produire de la ferraille compétitive. La combustion à ciel ouvert n'est pas acceptable; elle dégage de grosses quantités de matières en particules contenant du cadmium, du nickel et du plomb. La combustion à ciel ouvert a été remplacée par l'incinération contrôlée.[71] Néanmoins, malheureusement, à cause du bas prix du marché de ferraille d'automobile, le coût de l'incinération contrôlée est souvent prohibitif.

Le déchiquettage suivi par une série de séparations mécaniques pour éliminer les matériaux contaminants peut fournir une ferraille relativement utilisable avec peu ou pas d'incinération.[72] Néanmoins, le bas prix du marché de la ferraille déchiquettée restreint les zônes où des déchiquetteurs peuvent entraîner des automobiles au rebut et les livrer depuis les zônes isolées vers un déchiquetteur centralisé peut être nécessaire pour améliorer la valeur économique de cette opération.

3.5.1.4 La Compacité--La compacité, bien que n'étant pas une méthode d'élimination, réduit le volume des déchets, et ainsi de grandes zônes de stockage ne sont pas nécessaires et le transfert vers les centres de remplissage de terre ou les incinérateurs municipaux est plus facile.

Dans les installations de compacité, les déchets sont chargés à travers d'une porte à chaque étage d'un bâtiment; et ils sont recueillis dans un cône de réception; ils sont poussés par un piston hydraulique dans un récipient de métal ayant une capacité atteignant jusqu'à 1,5 m^3. La compacité des déchets dans un récipient de stockage donne habituellement un rapport de 3:1; néanmoins, de plus hauts rapports de compacité peuvent être obtenus.

L'usage étendu de la compacité plutôt que, disons, l'incinération, pourrait

surcharger le prélèvement et les facilités d'élimination et pourrait causer un accumulation de déchets si un prélèvement plannifié est empêché.

3.5.2 Elimination avec Incinération

L'incinération peut être justifiée dans des zônes où la terre qui est susceptible d'être remplie avec des dépôts purifiés est rare, ou là où les coûts de la traction sont prohibitifs. Un équipement bien conçu et bien fonctionnant pour réduire la décharge de matières en particules est de la plus grande importance dans l'utilisation des incinérateurs.

Les émissions de matières en particules de la combustion de déchets solides, y compris la combustion à ciel ouvert, peuvent varier de 1,5 à 15 kg/1 000 kg de déchets, cela dépendant du degré de combustion et de contrôle.[1] La réduction de ces émissions à un niveau désiré demande soit que l'incinérateur a été prévu pour le contrôle des cendres volantes ou qu'un système de contrôle séparé soit utilisé. Le Tableau 3-10 résume les efficacités de récolte de différents dispositifs de contrôle appliqués à des incinérateurs.

La technologie de la BRD pour l'élimination par incinération est décrite aux Références 73, 74 et 75.

3.5.2.1 Combustion à Ciel Ouvert--Les résultats de la National Solid Waste Survey (Etude des Déchets Solides Nationaux) montrent que la combustion à ciel ouvert est répandue. Quatre-vingts six pour cent des déchets solides recueillis en 1967 allaient dans des sites d'élimination, dont 75 pour cent résultait de quelques formes de combustion à ciel ouvert.[63] Tous les efforts doivent être faits pour remplacer la combustion à ciel ouvert par une incinération contrôlée ou d'autres moyens d'élimination.

3.5.2.2 Les Incinérateurs à Sommet Ouvert--Une chambre rectangulaire tapissée de briques réfractaires avec un sommet ouvert et à air forcé allumé par dessus a été utilisé pour incinérer une variété de déchets, y compris des liquides, de solides avec un haut pouvoir calofique,[76] des déchets généraux, et des ordures municipales. A cause de son coût relativement peu élevé, ce modèle a été utilisé

Tableau 3-10 - EFFICACITES DE COLLECTION POUR DES TYPES DIFFERENTS DE SYSTEMES DE CONTROLE DE MATIERE EN PARTICULES A PARTIR DE L'INCINERATION MUNICIPALE[1]

Type de système	Efficacité, %
Chambre de décantation	0 à 30
Chambre de décantation et pulvérisation d'eau	30 à 60
Chicanes humidifiés	60
Collecteur mécanique	30 à 80
Séparateur	80 à 95
Dépoussiéreur électrostatique	90 à 96
Fibre en tissu	97 à 99

pour l'élimination des déchets par les municipalités et les industries tous les deux.

Des émissions excessives de matière en particules se produisent parfois mais elles peuvent être éliminées pour des matériaux produisant peu de cendre (0,5 pour cent du poids) incinéré sous des conditions contrôlées avec soin.[77] Des unités de grandeur naturelle ont été utilisées pour brûler certains déchets à haute valeur de chauffe et produisant peu de cendre sans émission de fumée visible; mais avant que d'appliquer cette technique, la contenance en cendre et les caractéristiques physiques des déchets doivent être testées. Le contrôle du chargement et du courtant d'air est nécessaire pour empêcher l'émission de fumée et de cendre volante, et des instruments appropriés devraient être fournis pour assurer un fonctionnement dans les limites de la pollution de l'atmosphère.

3.5.2.3 Brûleurs en Métal Conique--Les brûleurs en métal conique sont utilisés dans l'industrie du bois de construction pour incinérer les déchets de bois. Cet incinérateur à chambre unique n'est pas convenablement planifié pour minimiser les émissions atmosphériques, et habituellement il ne fonctionne pas ou n'est pas correctement entretenu. Par conséquent, de grosses quantités de matières en particules sont émises. Quelques régions du pays ont interdit

la construction de ces brûleurs.

3.5.2.4 Les Incinérateurs Domestiques--Les incinérateurs domestiques peuvent être des unités à chambre unique dans une arrière-cours sans carburant auxiliaire ou des unités à chambre double avec des sections comprennant des brûleurs de post-combustion.

Beaucoup d'agences de contrôle de la pollution de l'atmosphère ont interdit les incinérateurs d'arrière-cours; plusieurs agences ont interdit quelques-uns ou tous les types d'incinérateurs domestiques parce qu'ils ne correspondent pas aux standards d'émission locaux en ce qui concerne les matières en particules, les composés organiques, ou les odeurs. Des émissions excessives sont causées par un fonctionnement impropre, ou par la nonutilisation de brûleur de gaz.

3.5.2.5 Les Incinérateurs Commerciaux et Industriels--Les incinérateurs commerciaux et industriels peuvent brûler de 25 à plusieurs milliers de kilogrammes de déchets par heure. Dans une unité à chambre unique, l'admission, la combustion et l'échappement ont lieu dans une chambre. L'incinérateur à chambres multiples possède des chambres séparées pour l'admission et la combustion de déchets solides, le mélange, et la combustion positèreure de la cendre volante.

Les incinérateurs à chambre unique ne sont généralement pas adaptés aux régulations d'émission; les émissions de matière en particules sont aussi importantes que 7,5 kg/1 000 kg de déchets brûlés.[1] Les incinérateurs à chambres multiples, quand ils sont convenablement conçus, entretenus et d'un fonctionnement correct, réduisent le volume des déchets et les émissions de matière en particules à une quantité aussi faible que 2 kg/1 000 kg.[1] Même des incinérateurs à chambres multiples bien conçus peuvent avoir besoin de séparateurs par lavage pour s'adapter à des demandes futures; ces séparateurs par lavage doivent avoir au moins 125 N/m^2 de perte de charge en eau et un débit d'eau de 0,3 m^3 d'eau par m^3/s par débit de gaz brûlé pour s'accorder aux standards d'émissions pour les équipements fédéraux.[78]

Pour conserver les émissions de matière en particules au minimum, les standards du plan de n'importe quel incinérateur doit satisfaire aux critères suivants:[79]

1. L'air et le carburant doivent être en proportion correcte et mélangés d'une manière adéquate.
2. La température doit être suffisante pour la combustion de carburant solide et de produit gazeux.
3. Le temps de rétention et la température doivent être adéquats pour une combustion complète des déchets.

Les critères de plan et les pratiques de fonctionnement pour les incinérateurs à déchets ordinaires sont aussi applicables aux unités brûlant des déchets anormaux, mais plusieurs critères pour ceux-ci sont plus spécifiques:

1. Un préchauffage devrait précéder le chargement des déchets.
2. La flamme devrait couvrir tous les déchets dans la chambre primaire.
3. Les débits du brûleur de gaz devraient être toujours suffisants pour maintenir au moins une température de 1 030 K dans la chambre secondaire.

Beaucoup d'agences pour le contrôle de la pollution de l'air revoient tous les plans des futures installations à incinérateur pour assurer que ces unités s'adaptent aux standards d'émission. Les détails qui sont habituellement vérifiés comprennent:

1. Les plans de parcelle, pour voir si les unités sont localisées dans une zône valable.
2. La capacité de l'unité, pour voir si elle est adaptée à la production journalière attendue de déchets.
3. Le placement de brûleur à gaz et débits de carburant, pour assurer une combustion efficace.
4. Le débit du flot de l'eau du séparateur par lavage, pour une facilité du plan.
5. Les matériaux de construction, pour la résistance à la chaleur, à la force et à la corrosion.

6. Les tailles des orifices d'air, pour la capacité.

Reconnaissant que les émissions des incinérateurs sont, en grande partie, fonction du fonctionnement, quelques agences de contrôle de la pollution de l'air dirigent des cours de formation et publient des brochures à l'intention des opérateurs d'incinérateurs ou de leurs surveilleurs. Les opérateurs peuvent réduire grandement les émissions de matière en particules par des nettoyages périodiques et l'ajustement des brûleurs, des becs de pulvérisation, des ventilateurs, et d'autres dispositifs appartenants.

3.5.2.6 Les Incinérateurs d'Immeubles--Les incinérateurs d'immeubles sont des sources urbaines importantes de fumée et de cendre volante. Les émissions sont habituellement supérieures à celles d'autres systèmes d'incinération à cause de leur températures basses de combustion, et de leur alimentation incorrecte en air.

Dans la plupart des incinérateurs commun d'immeubles--la conduite de fumée à alimentation ou de la conduite de fumée simple, ou du modèle à chambre simple--les déchets sont chargées dans le même passage qu'utilisent les produits de combustion pour quitter l'unité. Les déchets tombés dans la couche de carburant durant la combustion enfument le feu et causent une combustion incomplète. Des améliorations dans leur plan ont créé une glissière pour l'alimentation, des incinérateurs à chambres multiples avec passages séparés pour les déchets et les produits de combustion, mais les émissions excèdent toujours la plupart des standards. L'important tirage naturel dans les conduites de fumée d'un immeuble haut est inhérent au plan de la conduite de fumée--ou aux modèles à glissière d'alimentation; ceci est une cause majeure d'émissions excessives de matières en particules.

Les agences pour la pollution de l'air ont approché le contrôle de ces unités de différentes façons. New York a interdit l'installation des incinérateurs de nouveaux immeubles et a produit des critères spécifiques pour améliorer les unités existantes. Washington, D.C., et Atlanta ne permettent pas l'installation

d'unités à conduite de fumée ou à glissière d'alimentation. Détroit et Philadelphie ont installé des standards d'émission à un niveau qui rend nécessaire l'utilisation d'un équipement efficace de récolte, habituellement des séparateurs à eau.

Dans l'amélioration des unités existantes et dans l'élaboration de nouvelles, plusieurs techniques sont utilisées pour parer aux problèmes des émissions excessives: (1) Une grille à la base de la glissière de chargement empêche les déchets de pénétrer dans l'incinérateur durant la combustion et empêche les produits de combustion de s'échapper au travers de la conduite de chargement. (La grille est préférable aux portes de cône fermées à clé parce que ces fermetures peuvent éventuellement soit faillir ou être cassées par des vandales.) Une conduite à sous-produits ou une conduite séparée peut être construit pour les produits de combustion dans une unité à conduite de fumée unique. (2) Des brûleurs auxiliaires placés dans la chambre(s) primaire(s) ou secondaire(s) augmentent la température etaméliorent la combustion.[80] (3) Un contrôle du tirage réduit l'entraînement en diminuant l'entrée d'air quand le niveau de tirage préétabli est dépassé. (4) Des séparateurs de gaz qui augmentent la rapidité des gaz et la proximité de contact avec l'eau ayant une petite vitesse sont préférés aux unités ayant un bec de pulvérisation qui peuvent se boucher et réduire l'efficacité de recueillement. (5) Des périodes de combustion définies ou des cycles conçus en tenant compte de la taille relative de l'immeuble et de l'incinérateur empêchent la surcharge et diminuent la fumée par destruction systématique de tous les déchets chargés durant n'importe quel cycle. Les techniques ci-dessus réduiraient les émissions à un niveau s'étalant de 0,5 à 4 kg/1 000 kg de déchets brûlés.[1]

3.5.2.7 Les Incinérateurs Municipaux--Les incinérateurs municipaux peuvent être soit alimentés par fournée ou alimentés continuellement. Les unités alimentés continuellement sont préférables parce que leurs paramètres de fonctionnement, tels que les températures de la chambre de combustion affectant les émissions

de matières en particules, peuvent être contrôlés de près. Les grilles doivent être prévues pour assurer une combustion complète du matériel et, en même temps, pour mélanger ou faire tomber les déchets doucement et diminuer l'entraînement du matériel dans le gaz d'échappement.

La plupart des incinérateurs municipaux américains sont tapissés de briques réfractaires et de type-four. Les fours à paroie à eau, qui sont plus communs en Europe, offrent l'avantage de la production de vapeur, de la récupération de chaleur, et ainsi des températures de gaz brûlés plus basses que celles des unités tapissées de réfractaires; des températures plus basses des gaz brûlés causent de petits volumes de gaz brûlés et ainsi un équipement de contrôle moins coûteux est nécessaire. Les unités à paroie à eau demandent aussi moins d'excès d'air et anisi ont encore de plus petits volumes de gaz de cheminée.

La plupart des incinérateurs municipaux américains sont équipés d'une certaine forme de système de contrôle de cendre volante. Généralement, ce système est une simple chambre à pulvérisation d'un type à chicane qui empêche l'émission des scories chaudes et des grosses particules, mais non pas celles des matériaux plus fins. Les dispositifs les plus efficaces de collecte sont nécessaires pour s'adapter aux codes de contrôle raisonnables. Un séparateur à moyenne perte de charge (1,5 kN/m^2) et un dépoussiéreur électrostatique sont deux dispositifs capables du contrôle efficace de matière en particules. Des séparateurs de haute efficacité peuvent contrôler les émissions de gaz potentiellement odorants et gazeux. Efficacités de récolte de plus de 95 pour cent peuvent être obtenues avec ces méthodes.[1]

En BRD, les gaz d'échappement d'incinérateurs municipaux ne doivent pas excéder 100 mg/Nm^3 de HCl dans les incinérateurs qui ont des capacités supérieures à 0,4 kg/s.

REFERENCES

1. "Compilation of Air Pollutant Emission Factors." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Office of Air Programs, Research Triangle Park, N.C., AP-52, 1972.

2. "Washington, D.C. Metropolitan Area Air Pollution Abatement Activity." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, Nov. 1967, 152 pp.

3. "New York-New Jersey Air Pollution Abatement Activity, Phase II - Particulate Matter." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, Déc. 1967, pp. 48-49.

4. "Kansas City, Kansas-Kansas City, Missouri Air Pollution Abatement Activity, Phase II - Pre-conference Investigations." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, Mars 1968, 180 pp.

5. Sheehy, J. P., J. J. Henderson, C. L. Harding, et A. L. Davis, "A Pilot Study of Air Pollution in Jacksonville, Florida." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Div. of Air Pollution, PHS-Pub-999-AP-3, Avril,1963, 65 pp.

6. Venezia, R. et G. Ozolins, "Interstate Air Pollution Study, Phase II - Project Report. II. Air Pollutant Emission Inventory," U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, Déc. 1966, p. 5.

7. "Air Pollution Data for Los Angeles County." Los Angeles County Air Pollution Control District, Jan. 1967, p. 10.

8. McKee, H. E. et W. A. McMahon, Jr., "Automobile Exhaust Particulate - Source and Variation." Southwest Research Institute, May 1960. Also: J. Air Pollution Control Assoc., 10(6): 456-462,Déc., 1960.

9. "Control of Air Pollution from New Motor Vehicles and New Motor Vehicle Engines." Federal Register, Part 85, 36(228), 23 Novembre 1971

10. Norman, G. R., "New Approach to Diesel Smoke Suppression." Transactions, Society of Automotive Engineers, 1967, p. 105.

11. "Statistical Abstract of the United States: 1970." 91st Edition, U.S. Bureau of the Census, Washington, D.C., 1970.

12. Jahrbuch f. Bergbau, Energie Mineralöl und Chemie, 1971.

13. Schueneman, J. J., M. D. High, et W. E. Bye, "Air Pollution Aspects of the Iron and Steel Industry. U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Div. of Air Pollution, Cincinnati, Ohio, PHS-PUB-999-AP1, 1963.

14. "Directory of Iron and Steel Works of the United States and Cannada." 31st Edition, American Iron & Steel Association, New York, 1967, 411 pp.

15. Von Bergen, J. M., "Profile of Industry Costs for Control of Particulate Air Pollution."Manuscrit non-publié, 1967.

16. "A Marketing Guide to the Metal Casting Market." Pentan Publishing Co., Cleveland, Ohio, 1960.

17. "Foundry Environmental Control." Vol. 1, American Foundrymen's Society, Environmental Control Division, Des Plaines, Ill., 1972.

18. "Standard Industrial Classification Manual." Bureau of the Budget, Washington, D.C., 1964.

19. Kreichelt, T. E., D. A. Kemnitz, et S. T. Cuffe, "Atmospheric Emissions from the Manufacture of Portland Cement." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, PHS-Pub-999-AP-17, 1967, 47 pp.

20. Kenline, P. A. et J. M. Hales, "Air Pollution and the Kraft Pulping Industry. An Annotated Bibliography." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Div. of Air Pollution, Cincinnati, Ohio, PHS-Pub-999-AP-4, 1963, 122 pp.

21. "Atmospheric Emissions from Sulfuric Acid Manufacturing Processes." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Div. of Air Pollution, Cincinnati, Ohio, PHS-Pub-999-AP-13, 1965, 127 pp.

22. "Control and Disposal of Cotton Ginning Wastes." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, PHS-Pub-999-AP-31, 1967, 103 pp.

23. Drogin, I., "Carbon Black." J. Air Pollution Control Assoc., Vol. 18, pp. 216-228, Avril, 1968.

24. Brandt, A. D., "Current Status and Future Prospects - Steel Industry Air Pollution Control."Dans: Proceedings of the 3rd National Conference on Air Pollution, Washington, D.C., 1966, pp. 236-241.

25. "Fabric Filter Systems Study, Vol. IV." GCA Corporation, Bedford, Mass., for U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Contract No. CPA-22-69-38, Déc. 1970.

26. "A Manual of Electrostatic Precipitator Technology: Part II - Application Areas." Southern Research Institute, Birmingham, Ala., for the National Air Pollution Control Administration, Div. of Process Control Engineering, Contract No. CPA 22-69-73, Août 1970.

27. VDI Richtlinien, VDI 2099 (1959).

28. VDI Richtlinien, VDI 2095 (1963).

29. McGannon, Harold E., "The Making, Shaping, and Treating of Steel." U.S. Steel Corporation, 8th Edition, 1964.

30. "Foundry Air Pollution Control Manual." 2nd Edition, American Foundrymen's Society, Des Plaines, Ill., 1967.

31. Statistisches Jahrbuch der Eisen-und Stahlindustrie 1971, Verlag Stahleisen m.b.H.

32. Schueneman, J. J., M. D. High, and W. E. Bye, "Air Pollution Aspects of the Iron and Steel Industry." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Div. of Air Pollution, Cincinnati, Ohio, PHS-PUB-999-AP1, 1963, p. 45.

33. Brandt, A. D., "Current Status and Future Prospects--Steel Industry Air Pollution Control."Dans: Proceedings of the 3rd National Conference on Air Pollution, Washington, D.C. 1966, pp. 236-241.

34. Schueneman, J. J., M. D. High, et W. E. Bye, "Air Pollution Aspects of the Iron and Steel Industry." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Div. of Air Pollution, Cincinnati, Ohio, PHS-PUB-999-AP-1, 1963, p. 68.

35. Schueneman, J. J., M. D. High, et W. E. Bye, "Air Pollution Aspects of the Iron and Steel Industry." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Div. of Air Pollution, Cincinnati, Ohio, PHS-PUB-999-AP-1, 1963, p. 68.

36. Meldau, R., Laufhütte, D., Arch. Eisenhüttenwesen 27 (1956) s 149/52.

37. Schueneman, J. J., M. D. High, et W. E. Bye, "Air Pollution Aspects of the Iron and Steel Industry." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Div. of Air Pollution, Cincinnati, Ohio, PHS-PUB-999-AP-1, 1963, p. 61.

38. Sterling, M., "Current Status and Future Prospects--Foundry Air Pollution Control."Dans: Proceedings of the 3rd National Conference on Air Pollution, Washington, D.C., Déc. 1966.

39. Doherty, R. E., "Current Status and Future Prospects--Cement Mill Air Pollution Control." Dans: Proceedings of the 3rd National Conference on Air Pollution, Washington, D.C., 1966, pp.242-249.

40. Doherty, R. E., "Current Status and Future Prospects--Cement Mill Air Pollution Control." Dans: Proceedings of the 3rd National Conference on Air Pollution, Washington, D.C., 1966, pp. 250-263.

41. "Background Information for Proposed New-Source Performance Standards: Steam Generators, Incinerators, Portland Cement Plants, Nitric Acid Plants, Sulphuric Acid Plants." Environmental Protection Agency, Office of Air Programs, Research Triangle Park, N.C., Technical Report No. APTD-0711, Août, 1971.

42. VDI Richtlinien, VDI 2094.

43. Documentation privée: Monsanto Envirochem.

44. Ingels, R. M., N. R. Shaffer, et J. A. Danielson, "Control of Asphaltic Concrete Plants in Los Angeles County." J. Air Pollution Control Assoc., 10(1):23-33, Février 1960.

45. VDI Richtlinien, VDI 2283.

46. VDI Richtlinien, VDI 2298 (1970).

47. J, A. Brink, Jr., W. F. Burggrabe, L. E. Greenwell. Chemische Industrie 1970, Vol. 22, Nr. 7, S.439-441.

48. J. A. Brink, Jr., W. F. Burggrabe, J. A. Rauscher. Chem. Eng. Progress, 60 S.68 (1964).

49. J. A. Brink, Jr. Removal of Phosphoric Acid Mists (Kapt. 15) Part B in Gas Purification Processes for Air Pollution Control. G. Nonhebel, 2nd Ed. Newness-Butterworths, London, 1972.

50. VDI Richtlinien, VDI 2100 (1962).

51. VDI Richtlinien, VDI 2302 (1970).

52. VDI Richtlinien, VDI 2302 (1973) (Entwurf).

53. VDI Richtlinien, VDI 2287 (1963).

54. VDI Richtlinien, VDI 2101 (1966).

55. VDI Richtlinien, 2102 (1966).

56. VDI Richtlinien, VDI 2285 (1970 (Entwurf).

57. VDI Richtlinien, VDI 2284.

58. "Impregnated Fabrics Collect Fluoride Fumes." Engineering and Mining, J., Vol. 160, No. 5, Mai 1959.

59. VDI Richtlinien, VDI 2286 (1971) (Entwurf).

60. VDI Richtlinien, VDI 2578 (1970) (Entwurf).

61. VDI Richtlinien, VDI 2580 (1970) (Entwurf).

62. "New York City Officials Considering Cocoon for Demolition Dust Control." Clean Air News, 2(8):12-13,12 Mars 1968.

63. Black, R. J., A. T. Muhich, A. J. Klee, H. L. Hickman, Jr., et R. D. Vaughn, "The National Solid Wastes Survey, an Interim Report." (Presented at the 1968 Annual Meeting of the Institute of Solid Wastes of the American Public Works Association, Miami Beach, Florida, 24 octobre 1968.

64. Prindle, Richard A., "Health Aspects of Solid Waste Disposal." Dans: Proceedings, the Surgeon General's Conference on Solid Waste Management, Washington, D.C., Public Health Service, PHS-Pub-1729, 1967, pp. 15-20.

65. Schueller, H. M., "Quantities and Characteristics of Solid Waste." In: Elements of Solid Waste Management Training Course Manual, Public Health Service, Cincinnati, Ohio, Mars 1968, pp. 1-5.

66. Copp, W. R., "Municipal Inventory. Combustion Engineering, Technical-Economic Study of Solid Waste Disposal Needs and Practices." Vol. 1, Nov. 1967, pp. 1-69.

67. Sorg, T. J. et H. L. Hickman, "Sanitary Landfill Facts." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, National Center for Occupational and Industrial Health, Washington, D.C., PHS-Pub-1729, 1968.

68. Kirsh, J. B., "Sanitary Landfill." Dans: Elements of Solid Waste Management Training Course Manual, Public Health Service, Cincinnati, Ohio, 1968, pp. 1-4.

69. Sibel, J. T., "Landfill Operations. Combustion Engineering, Technical-Economic Study of Solid Waste Disposal Needs and Practices." Vol. 4, 1967, pp. 1-17.

70. Goluecke, C. G. et P. H. McGaughey, "Future Alternatives to Incineration and their Air Pollution Potential." Dans: Proceedings of the 3rd National Conference on Air Pollution, Washington, D.C., 1967, pp. 296-305.

71. Alpiser, Francis M., "Air Pollution from Disposal of Junk Autos." Preprint. (Presented at the Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, St. Paul, Minnesota, Juin 1968).

72. "An In-Depth Look at Ferrous Scrap." Magazine of Metals Producing, Mars 1966. (Published by Institute of Scrap Iron & Steel).

73. VDI Richtlinien, VDI 2114 (1969).

74. VDI Richtlinien, VDI 2301, B1.1E (1971).

75. VDI Richtlinien, VDI 2301, B1.2E (1971).

76. Monroe, E. W., Jr., "New Developments in Industrial Incineration." Dans: Proceedings of 1966 National Incinerator Conference, American Society of Mechanical Engineers, New York, 1966, pp. 226-230.

77. Burckle, J.O., J. A. Dorsey, et B. T. Riles, "The Effects of the Operating Variables and Refuse Types on the Emissions from a Pilot-Scale Trench Incinerator." Dans: Proceedings of 1968 National Incinerator Conference, American Society of Mechanical Engineers, New York, 5-8 Mai 1968, pp. 24-41.

78. Sableski, J. J., J. C. Knudson, W. A. Cote, et J. F. Kowalczyk, "Development of Incineration Guidelines for Federal Facilities." (Presented at the Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, St. Paul, Minnesota, 23-27 Juin, 1968).

79. Williamson, J. E., R. J. McKnight, et R. L. Chass, "Multiple-Chamber Incinerator Design Standards for Los Angeles County." Los Angeles County Air Pollution Control District, Los Angeles, California, Oct. 1960.

80. Feuss, James V. et Franklin B. Flower, "The Design of Apartment House Incinerators - the State of Art." (Presented at the Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, 23-27 Juin 1968).

4. TECHNIQUES DE CONTROLE

Les techniques de contrôle de la pollution de l'air par de la matière en particules depuis des sources fixes de combustion peuvent être catégorisées d'une façon générale comme suit: la fermeture de la source, la substitution de l'énergie, la conservation de l'énergie, une bonne technique, et l'épuration du gaz. Parmi ces techniques, l'épuration du gaz est de loin la plus importante. Bien qu'elles ne soient pas des techniques de contrôle, la rélocalisation de la source et des hautes cheminées peuvent être utilisés dans la dispersion de particules polluantes de l'air. La plus grande partie de ce chapitre correspond aux méthodes d'épuration des gaz. Les autres techniques sont couvertes brièvement dans plusieurs paragraphes d'introduction.

La fermeture de la source est une sévère technique de contrôle, mais elle ne devrait pas être totalement sous-estimée quand les niveaux de matières en particules nuisent la santé publique dans des épisodes d'urgence, ou quand des ordres de l'autorité pour les diminuer restent ignorés.

La substitution de l'énergie implique le remplacement d'une source d'énergie indésirable par une source qui crée moins de pollution. Les sources d'énergie utilisées pour des centrales sont montrées dans le Tableau 4-1. Quand on compare des sources d'énergie, on doit tenir compte des différences dans le demande de chauffe parmi des applications apparamment identiques. Par exemple, les demandes en carburant fossile et les demandes en chaleur életrique pour un espace chauffé sont vraisemblablement différents, parce que des bâtiments chauffés à l'électricité sont souvent mieux isolés que les bâtiments chauffés au carburant fossile. Les sources d'énergie pour une basse et une haute production de capacité de chaleur sont exposées aux Tableaux 4-2 et 4-3. La substitution de l'énergie peut être une technique effective et utile; elle a une valeur spéciale pour le contrôle des sources à petite capacité quand le coût d'équipement effectif d'épuration du gaz serait excessif.

La conservation d'énergie réduit les émissions de matière en particules en réduisant la consommation en carburant. Les Tableaux 4-4 et 4-5 montrent

Tableau 4-1. - COMPARAISON DES ALTERNATIVES DE SUBSTITUTION D'ENERGIE POUR DES CENTRALES ELECTRIQUES

Alternative de substitution d'énergie	Emissions de matière en particules, ng/J alimentation[a]
Hydroélectrique	0
Nucléaire	0
Gaz (sans contrôle)	8,2
Pétrole (sans contrôle)	28,9
Charbon--90 pour cent de cendres volantes éliminées	276,8
Charbon--99,5 pour cent de cendres volantes éliminées	12,4

[a]Basée sur les facteurs d'émission dans le Tableau 5-1 et des valeurs de chauffe brutes suivantes: charbon, 27,91 MJ/kg (10 pour cent cendre); pétrole, 41,81 GJ/m^3; gaz, 37,3 MJ/m^3.

Tableau 4-2. - COMPARAISON DES ALTERNATIVES DE SUBSTITUTION D'ENERGIE POUR DES SOURCES FIXES DE COMBUSTION DE MOINS DE 2,93 MJ/s D'ALIMENTATION

Alternative de substitution d'énergie	Equivalent d'émission de matières en particules,[a] ng/J chaleur utile
Chaleur électrique (originaire de centrale nucléaire ou hydroélectrique)	0
Chaleur électrique (originaire de centrale chauffée au gaz)	20,7
Chaleur électrique (originaire de centrale chauffée au pétrole).	90,9
Chaleur électrique (originaire de centrale chauffée au charbon--élimination de 90 pour cent de la cendre volante)	826,3
Chaleur électrique (originaire de centrale chauffée au charbon--élimination de 99,5 pour cent de la cendre volante)	41,3
Four chauffée au gaz sur le site (pas de contrôle)	12,4
Four chauffée au pétrole sur le site (pas de contrôle)	33,1
Four chauffée au charbon sur le site (pas de contrôle)	458,7

[a]Basée sur les facteurs d'émission, Tableau 5-1; sur les valeurs brutes de chauffe (charbon, 27,9 MJ/kg à 10 pour cent de cendre; pétrole, 38,9 GH/m^3; gaz, 37,3 MJ/m^3); et sur l'efficacité thermique sur le site des systèmes de chauffage (électricité 100%, charbon, gaz et pétrole 75%).

Tableau 4-3. - COMPARAISON DES ALTERNATIVES DE SUBSTITUTION POUR LES SOURCES FIXES DE 2,93 A 29,3 MG/s D'ALIMENTATION

Alternative de substitution d'énergie	Equivalent d'émission de particules[a] ng/J de chaleur utile
Chaleur électrique (originaire de centrale hydroélectrique et nucléaire)	0
Chaleur électrique (originaire de centrale chauffée au gaz)	20,7
Chaleur électrique (originaire de centrale chauffée au pétrole)	90,9
Chaleur électrique (originaire de centrale chauffée au charbon--élimination de 90 pour cent de cendre volante)	826,3
Chaleur électrique (originaire de centrale chauffée au charbon--élimination de 99,5 pour cent de cendre volante)	41,3
Four chauffée au gaz sur le site (pas de contrôle)	12,4
Four chauffée au pétrole distillé chauffée sur le site (pas de contrôle)	57,8
Four chauffée au pétrole résiduel chauffée sur le site (pas de contrôle)	82,6
Four à dispositif d'allumage chauffée sur le site (pas de contrôle)	1 148,6
Four à dispositif d'allumage chauffée sur le site (élimination de 90 pour cent de la cendre volante)	115,7
Four à dispositif d'allumage chauffée sur le site (élimination de 99,5 pour cent de la cendre volante)	4,1

[a]Basée sur:

1. Facteurs d'émission--Tableau 5-1.
2. Propriétés du carburant:
   Valeur de chauffe, charbon--27,91 MJ/kg
   Valeur de chauffe, pétrole distillé--38,9 GJ/m^3
   Valeur de chauffe, pétrole résiduel--41,81 GJ/m^3
   Valeur de chauffe, gaz--37,3 MJ/m^3.
3. Efficacité thermique estimé des systèmes de chauffe sur le site:
   Electrique--100 pour cent
   Charbon, gaz, pétrole--75 pour cent.

les tendances nationales aux améliorations de l'efficacité--premièrement, l'utilisation de plus hautes températures et pressions--pour des centrales à vapeur et électriques. Les procédés actuellement en voie de développement (par exemple, la magnétohydrodynamique, l'électrogazdynamique, et l'élément carburant) font promesse d'améliorer l'efficacité d'une manière même plus efficace que ce qui a été accompli auparavant. La conservation de l'énergie peut ne pas apparaître être économique quand on la compare à d'autres techniques de contrôle.

L'équipement doit être sélectionné correctement, installé, et doit fonctionner pour diminuer les émissions de matières en particules. Des manuels pour une bonne technique sont publiés par les industries du carburant, les fabrécants d'équipement, les associations d'ingénieurs et les agences du gouvernement.

Dans la sélection des systèmes de combustion, une attention correcte devrait être donnée aux demandes en charge; donc, les composantes du système devraient être compatibles et fonctionner dans les limites du plan pour empêcher la décharge excessive de matière en particules. Chaque composante--le système de manipulation du carburant, le système de tirage, le système de combustion de carburant, les conduites de fumée et les cheminées, le système de manipulation de la cendre, et leurs contrôles--doit être sélectionnée et intégrée pour contrôler la charge et le carburant qui doivent être brûlés. C'est pourquoi il est nécessaire que la charge soit soigneusement estimée, que la capacité prévue du système soit suffisante pour supporter une charge maximum et qu'une attention soit donnée aux augmentations futures en demandes de charge. La capacité minimum prévue pour une unité d'un système de combustion devrait être suffisante pour supporter les demandes minimums en charge du système et le système de combustion total devrait être sélectionné pour supporter n'importe quelle charge entre le maximum et le minimum.

Un équipement correctement installé procurera un fonctionnement propre et efficace. Des instructions compréhensives d'installation et des plans sont

Tableau 4-4. - CONSOMMATION DE CARBURANTS PAR DES DISPOSITIFS ELECTRIQUES AUX ETATS UNIS, 1955 A 1969[1]

Année	Consommation par GJ		
	Charbon, kg	Pétrole, m^3	Gaz, m^3
1955	120	0,089	95
1960	111	0,082	86
1965	108	0,078	83
1968	109	0,079	81
1969	111	0,081	82

Tableau 4-5. CONSOMMATION DE CARBURANTS PAR DES DISPOSITIFS ELECTRIQUES EN BRD 1955 A 1970[2]

Année	Consommation par GJ			
	Lignite brut, kg	Charbon bitumineux, kg	Pétrole, kg	Gaz naturel, Nm^3
1955	500	136	95	0,447
1960	420	113	79	0,373
1965	375	101	71	0,334
1970	350	95	67	0,313
Valeur calorifique brute	8 MJ/kg	31,4 MG/kg	42 MG/kg	32 MJ/kg

nécessaires au préalable. Le promoteur du système entier et les fabricants de toutes ses composantes fournissent de tels plans et instructions. Uniquement un personnel qualifié devrait installer un équipement, et tout le travail devrait être inspecté périodiquement.

Un fonctionnement et un entretient correct de l'équipement réduira les émissions des matières en particules. Les unités fixes de combustion devraient fonctionner tout le temps en tenant compte des recommandations du fabricant ou d'une autre autroité. Des systèmes d'avertissement sensibles sont utiles pour indiquer les réparations nécessaires. Si une telle attention est indiquée, elle devrait être rapidement satisfaite. Si les opérations correctes sont sous-estimées, des incendies de stockage de pile et des systèmes de manipulation de carburant et de cendre peuvent devenir des sources signifiantes de pollution de l'air par de la matière en particules.

La rélocalisation de la source n'éliminera pas les émissions de particules depuis une source fixe de combustion, mais elle éliminera les émissions depuis la localisation originelle de la source. Une considération méritée doit être donné, néanmoins, aux effets possibles de la pollution de l'atmosphère dans d'autres zônes. La rélocalisation de la source est ordinairement considérée quand une nouvelle installation doit être construite pour en remplacer une qui a créée des problèmes de pollution de l'air.

L'épuration du gaz est la technique la plus commune utilisée pour le contrôle des matières en particules depuis des sources fixes de combustion. Le Tableau 4-6 montre le fonctionnement optimum attendu pour les différents types de systèmes d'épuration de gaz utilisés pour éliminer les particules des gaz brûlés. La sélection d'un équipement d'épuration de gaz commercialement valable pour différentes applications est basée sur les caractéristiques des particules (Fig. 4-1), sur les caractéristiques du support du gaz, sur le fonctionnement du procédé et sur les facteurs économiques.

Tableau 4-6. - RENDEMENT OPTIMUM ATTENDU DE DIFFERENTS TYPES DE SYSTEMES POUR DES SOURCES FIXES DE COMBUSTION

Sources	Elimination des émissions de particules incontrôlées, pourcentage						
	Systèmes en fonctionnement				Systèmes sous développement		
	Chambres de décantation	Cyclones à large diamètre	Cyclones à petit diamètre	Dépoussiéreurs électrostatiques	Pulvérisation de cheminée	Séparateur à chute de pression de 2 kN/m^2	Filtres en tissu
Chauffée au charbon:							
Etaleur, grille à chaine, et chargeur vibrant	50[a]	60[a]	85[a]	99,5[c]	60[e]	99+[g]	99,5[h]
Autres chargeurs	60[a]	65[a]	90[a]	99,5[c]	80[e]	99+[g]	99,5[h]
Fours à cyclone	10[a]	15[a]	70[a]	99,5[c]	(f)	(f)	(f)
Autres unités à charbon pulverisées	20[a]	30[a]	80[a]	99,5[c]	(f)	99+[g]	99,5[h]
Chauffées au pétrole	5[b]	10[b]	30[b]	75,0[d]	(f)	(f)	(f)

[a]Estimation basée sur les Références 3 et 4.

[b]Efficacité estimée--pas utilisé communément

[c]Estimation basée sur la Référence 5.

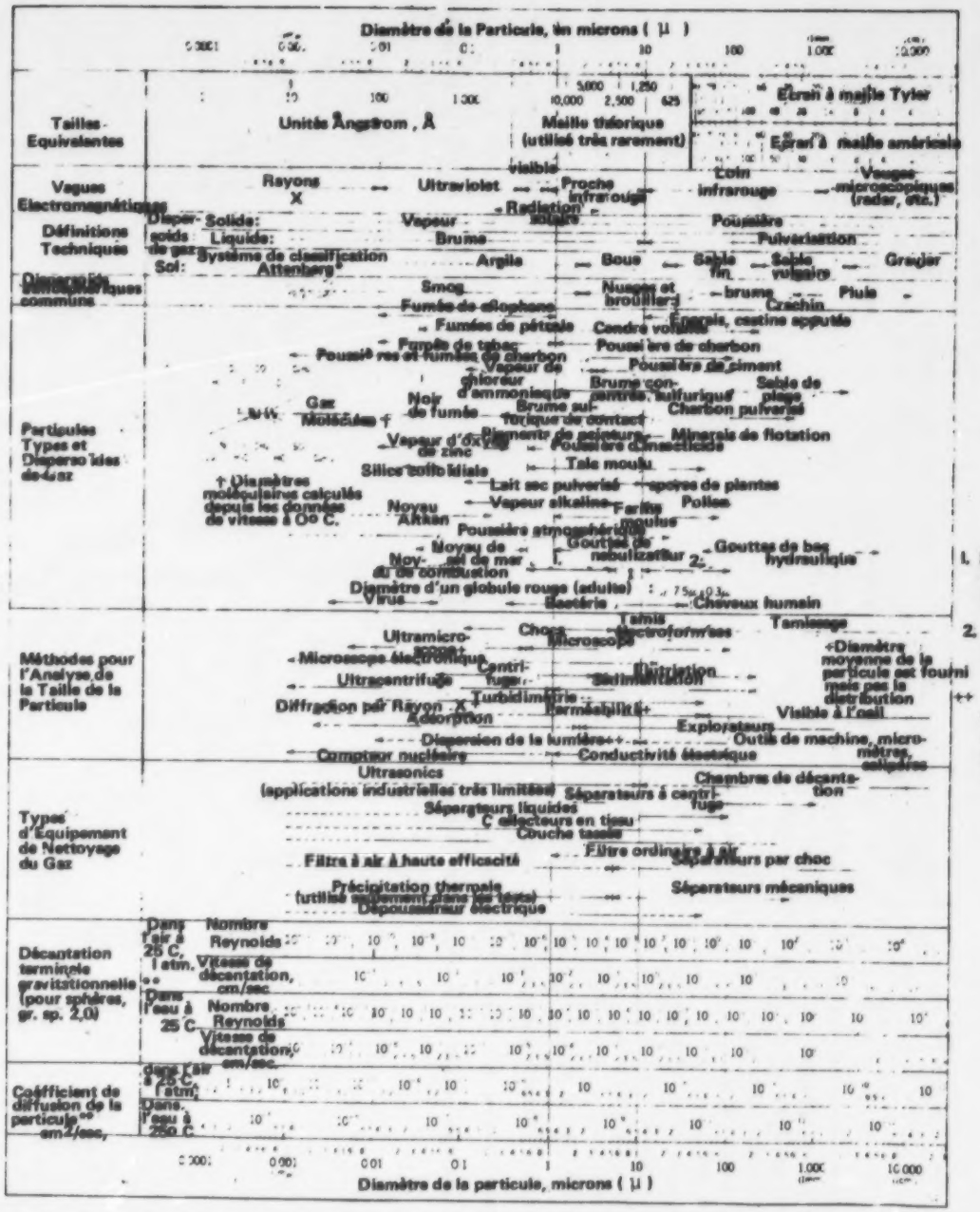
[d]Estimation basée sur des rapports privés sur le terrain.

[e]Référence 6.

[f]Données insuffisants pour estimation

[g]Estimation basée sur la Référence 7.

[h]Estimation basée sur la Référence 8.



1. Poussière endommageant les poumons.
2. Gouttes de bec pneumatiques

++ La taille de distribution peut etre obtenue par calibration spéciale

* Ou système international. Adopté par Internal. Soc. Soil Scie (Société Internationale de Sciences de Sol) depuis 1934.
** Facteur Stokes-Cunningham inclu pour les valeurs données pour l'air mais pas pour l'eau

Figure 4-I. Caractéristiques de particules et de dispersoïdes de particules.9

L'information sur les différents dispositifs d'épuration de gaz présentés dans cette section comprend:

1. Le matériel d'introduction: définitions.
2. La description de l'équipement: variations du plan, arrangements, et fonctionnement.
3. Les facteurs opérationels: demande en énergie, chute de pression, limitations de la température, problèmes d'entretient et d'élimination.
4. Les applications: procédés spécifiques et efficacités.

Le capital de l'installation, et les coûts du fonctionnement pour ces dispositifs--chambres de décantation, cyclones, séparateurs par lavage, dépoussiéreurs électrostatiques, filtres en tissu, et brûleurs de post-combustion--sont discutés dans la Section 6.

4.1 LES CHAMBRES DE DECANTATION

Les chambres de décantation gravitationelle utilisent la force de gravité pour séparer les poussières et les brumes des courants de gaz. Les chambres sont de conception et de fonctionnement simple, mais demandent de larges espaces et ont de faibles efficacités pour la récolte des petites particules. D'une manière caractéristique, les chambres de décantation sont utilisées en tant que pré-épurateurs en conjonction avec d'autres équipements de contrôle plus efficaces.

4.1.1 Description de l'Equipement

Dans une chambre de décantation gravitationelle, la vitesse du gaz support décroît afin que les particules dans le gaz se déposent sous l'effet de la gravité. La vitesse est réduite en augmentant le système de conduites dans la chambre. La chambre peut être une simple conduite ballon (Figure 4-2), une chambre d'expansion avec un cône à poussière (Figure 4-3), une chambre de décantation à poussière (Figure 4-4), ou un collecteur de poussière à plateaux multiples (Figure 4-5). Un collecteur de poussière à plateaux multiples augmente l'efficacité de recueillement en reduisant la distance de décantation verticale; la distance entre les plateaux peut être aussi petite que 0,025 m.

Fig. 4-2. Conduite en ballon.

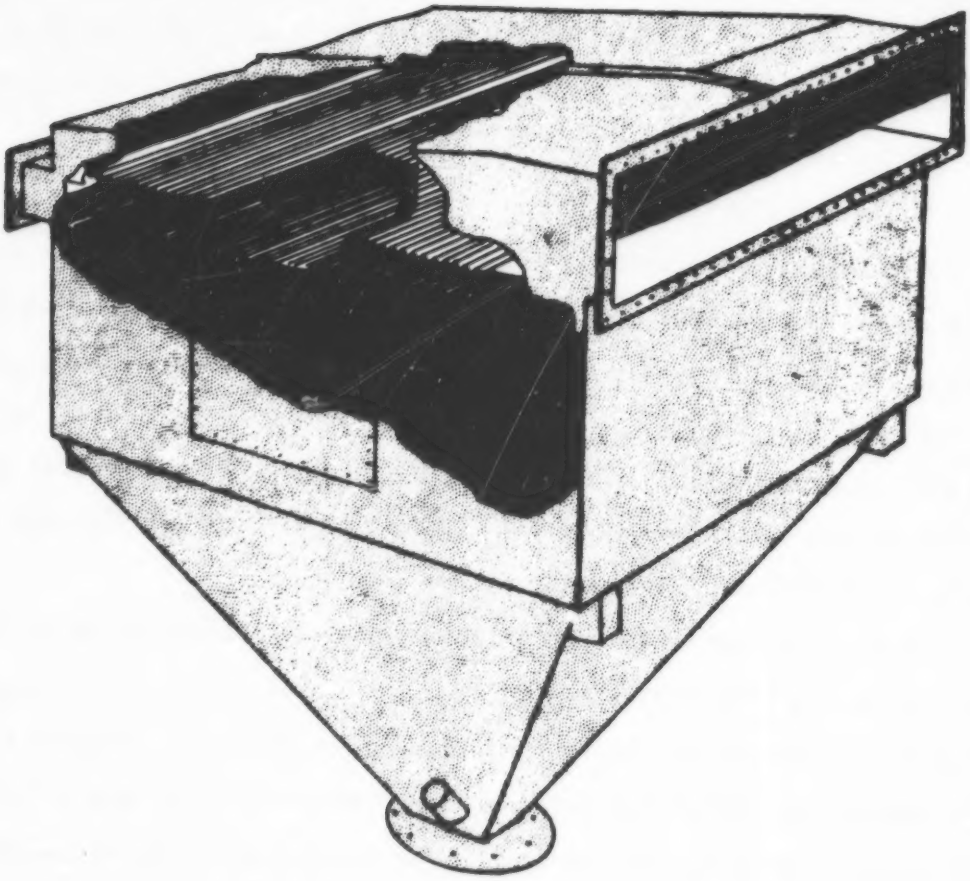


Fig. 4-3. Chambre d'expansion à chicane avec cône de poussière.

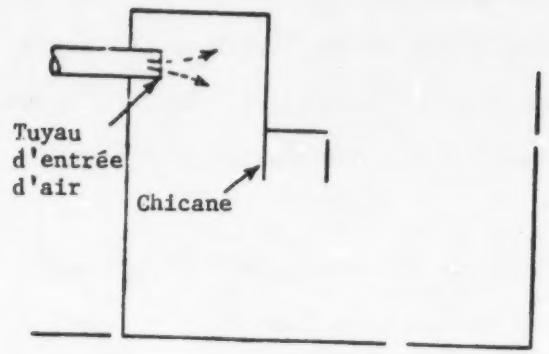


Fig. 4-4. Chambre de décantation de la poussière.

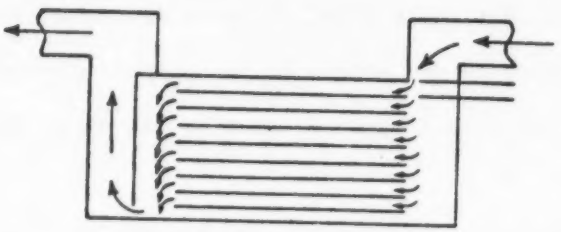


Fig. 4-5. Collecteur de poussière à plateaux multiples.

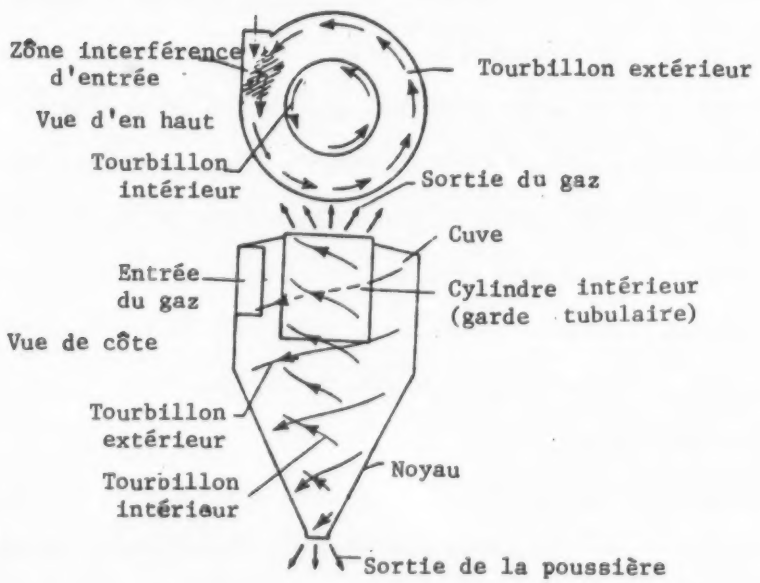


Fig. 4-6. Cyclone conventionnel à écoulement contraire.

La distribution verticale du gaz n'est pas critique, mais le gaz doit être distribué uniformément et latérallement quand il pénètre la chambre; une distribution uniforme est obtenue par l'utilisation d'une transition graduelle, des pales guides, des tamis distributeurs, ou des plaques perforées.

4.1.2 Facteurs Opérationels

Parce que le taux de décantation de la poussière décroît avec l'augmentation de la turbulence, la vitesse du courant de gaz est habituellement conservée aussi basse que possible. Il ne doit pas être si grand que les particules de décantation soient ré-entraînées ou qu'elles soient si basses que la taille de l'équipement est excessive. Normallement de 0,3 à 3 m/s, les vitesses du gaz sont basées sur l'expérience ou sur des tests éffectués sous des conditions actuelles, attendu que les taux de décantation de matière en particules puissent être influencés par des facteurs tels que l'agglomération et la charge électrostatique.

4.1.3 Applications Typiques

Les chambres de décantation sont habituellement installées comme pré-épurateurs pour éliminer les grosses particules et les particules agglomérées qui peuvent boucher le petit diamètre des cyclones et d'autre équipement d'épuration de la poussière. A cause de leurs besoins en espace, elles sont habituellement conçues pour recueillir des particules plus grosses que 43 mμ (325 maille)[10] et ne sont pas ainsi satisfaisantes pour un contrôle total de la matière en particules.

Les chambres de décantation de la poussière, ayant de basses chutes de pression, sont fréquemment utilisées dans les échappements à tirage naturel pour des fours et des fourneaux.[11] D'autres applications se rapportent aux égreneuses de coton et aux moulins alimentés en luzerne.[12]

4.2 COLLECTEURS CENTRIFUGES A SEC

Les collecteurs centrifuges à sec (cyclones) utilisent la force centrifuge créée par un courant de gaz centrifuge qui séparent les matières en particules du gaz support. Le mouvement centrifuge, communiqué par l'entrée tangentielle de gaz par des pales ou un ventilateur, force les particules inertes de poussière

vers l'extérieur vers le mur séparateur à partir duquel elles tombent dans un récepteur.[13]

Les trois forces qui agissent sur les particules individuelles de poussière durant le procédé de séparation sont gravitationelles, centrifuges et le tirage par friction. Le rendement du cyclone peut être estimé en supposant que les particules répondent conventionellement à ces forces.[14,15]

4.2.1 Description de l'Equipement

Les collecteurs centrifuges sont soit des cyclones conventionnels à renversement d'écoulement (entrée tangentielle ou axiale), des cyclones à écoulement direct, ou des collecteurs à dispositif d'entraînement. Dans un cyclone conventionnel à renversement d'écoulement avec une alimentation tangentielle (Fig. 4-6), le gaz chargé de poussière s'écoule dans un parcours hélicoïdal qui s'inverse à la base du cyclone pour former un noyau intérieur et les particules plaquées avec force contre le mur par action centrifuge tombent dans le fond. La poussière doit être éliminée sans gêner l'écoulement du gaz; toute rupture réduit l'efficacité de récolte et cause un ré-entraînement de particules. Un cyclone conventionnel avec entrée axiale est illustré dans La Fig. 4-7.

Dans un cyclone à écoulement direct (Fig. 4-8), les matières en particules sont recueillies depuis la périphérie de la base et s'échappent vers un collecteur secondaire, ou un cyclone ou une chambre de décantation. Ce type de cyclone est utilisé fréquemment comme collecteur de cendre volante ou comme pré-épurateur (felle nivelleuse) pour d'autres types d'équipement à épurer la poussière. Ses avantages principaux sont une faible chute de pression et une forte capacité de manipulation de gaz.

Dans le collecteur à dispositif d'entraînement (Fig. 4-9), le gaz chargé en poussière entre dans le col du dispositif d'entraînement et passe au travers d'une pale de radiateur de forme spéciale qui le jette dans le conducteur annulaire à cainure vers un cône de recueillement. L'avantage principal est sa densité, qui est importante pour une installation demandant un grand nombre

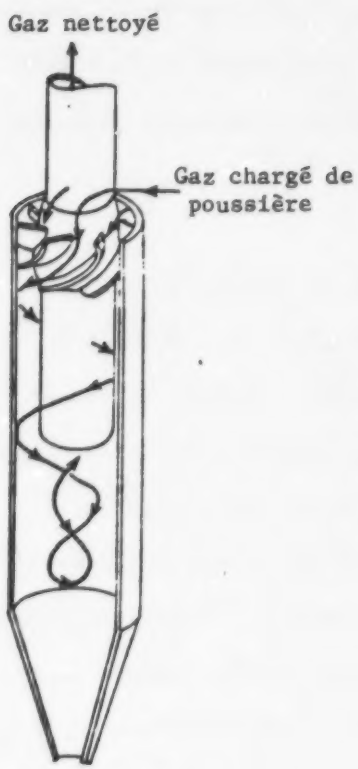


Fig. 4-7. Cyclone à entrée axiale

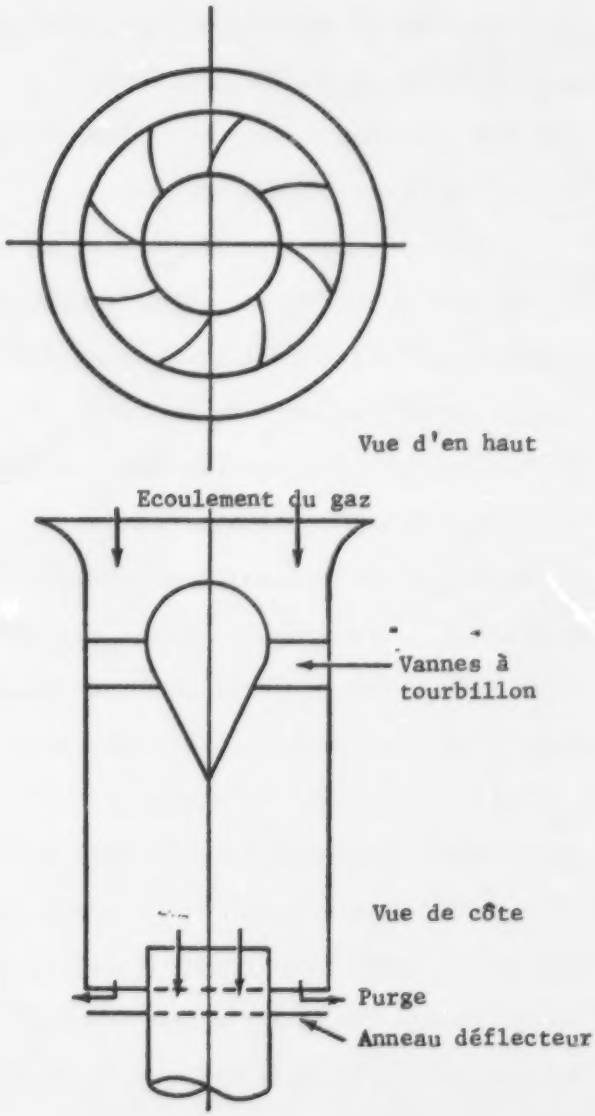


Fig. 4-8. Cyclone à écoulement direct

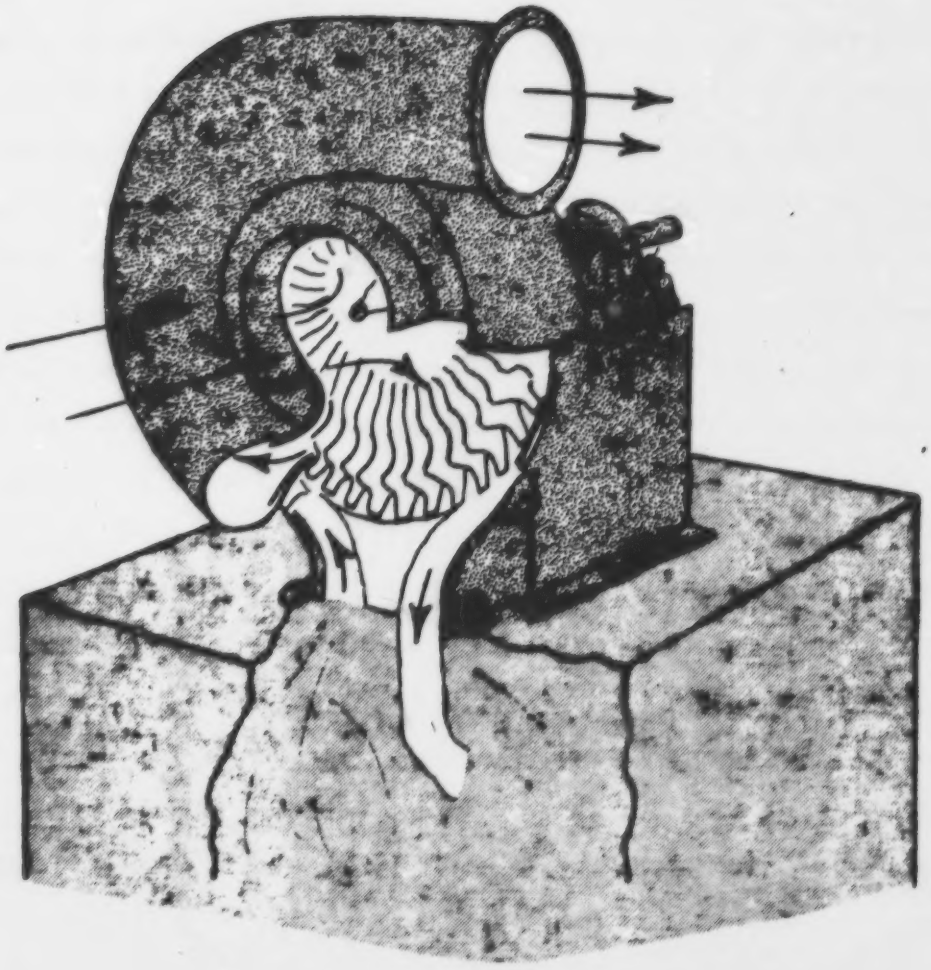


Fig. 4-9. Cyclone dynamique montrant la méthode par laquelle la poussière est dynamiquement précipité et délivrée vers le cône de stockage.

de collecteurs. Les désavantages majeurs sont le bouchage et le rotor non-équilibré résultant de la formation de solides sur le dispositif d'entraînement tournant et des limitations de température provenant des supports et des scellements du dispositif.

Une modification de plan récente est le type de collecteur à cônes à sommet coupé dans lequel le mur extérieur du cyclone est tourné mécaniquement pour éviter la basse vitesse habituelle du gaz adjacent au mur fixe.[16] Une modification mécanique qui permet le retrait de la couche limite peut augmenter l'efficacité de récolte avec une non-augmentation dans la chute de pression.[17] Dans un collecteur à écoulement rotatif (Fig. 4-10), un écoulement potentiel descendant est retardé par un écoulement contraire et continu comme un écoulement rotatif se dirigeant vers le haut. L'écoulement potentiel est causé par des becs tangentiels qui sont inclinés vers le bas et qui créent la rotation de l'alimentation en gaz. Une partie de l'écoulement potentiel portant les particules est ramenée en arrière depuis le dispositif de recueillement. En contraste avec les cyclones, les collecteurs à écoulement rotatif n'ont pas de friction au mur de la chambre.

Un autre type de collecteur centrifuge utilisé en BRD est le dépoussiéreur Petersen à chute de pression (Fig. 4-11). Le dispositif de recolte divise le flot du gaz en un certain nombre de couches fines de grande vitesse. Ces fines couches de gaz sont alors déviées afin que les particules soient forcées à quitter le flot de gaz. Les accélérations centrifuges sont d'approximativement 100 000 fois la gravité. Pour empêcher le bouchage des tuyaux, la liqueur doit être éjecter.

4.2.2 Facteurs Opérationels

Des cyclones conventionnels bien conçus, de large diamètre donnent une haute efficacité de récolte pour des particules de 40 à 50 mμ et possèdent d'une manière type une taille de coupe de 8 mμ[18] (à laquelle les concentrations de trop plein et de sous contenance sont égales); ceux avec des diamètres plus

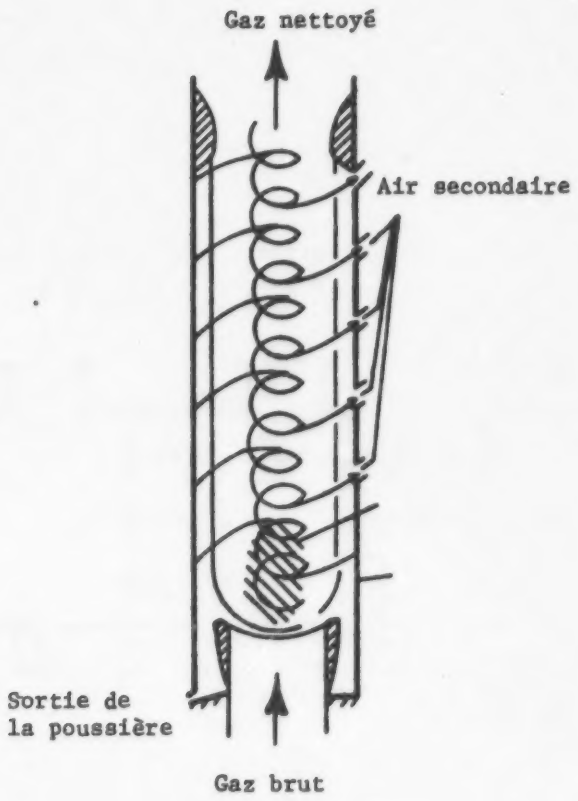


Fig. 4-10. Collecteur à écoulement rotatif Siemens.

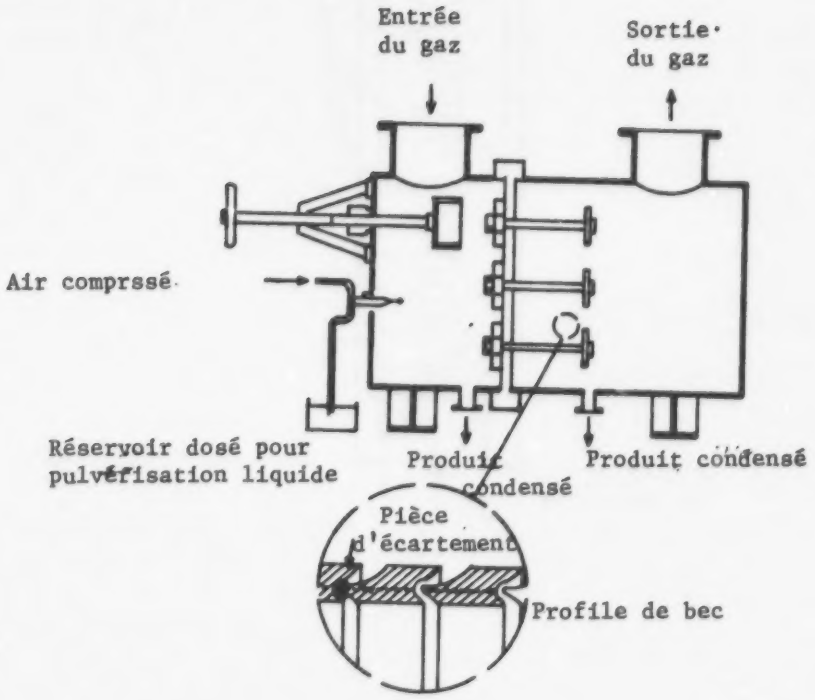


Fig. 4-11. Séparateur à chute de pression Peterson.

petits (moins de 0,31 mμ) fonctionnent efficacement pour des particules de 15 à 20 mμ, et ayant des tailles de coupe de 3 mμ. Les efficacités pour différentes gammes de taille de particules sont montrées au Tableau 4-7. La Figure 4-12 compare l'efficacité de cyclones à petit ou à large diamètre à une gamme de tailles de particules.

L'efficacité de recueillement d'un cyclone de petit diamètre est faible si un grand nombre des particules en suspension font en moyenne moins de 5 mμ. Dans des cas spéciaux, (par exemple, avec une forte tendance à l'agglomération ou avec des concentrations au dessus de 228 g/m^3), les cyclones éliminent les particules de poussière plus petites que 5 mμ. Des efficacités aussi importantes que 98 pour cent ont été atteintes sur des poussières agglomérées ayant des tailles de particule originale de 0,1 à 2,0 mμ.[19]

Les causes des réductions dans l'efficacité de récolte comprennent l'infiltration d'air à la base du cyclone et la formation de poussière sur les murs du cyclone. La formation peut être réduite par des vibrateurs et par des cônes en caoutchouc flexible.[20] Des valves spéciales peuvent être utilisées pour décharger la poussière sans admettre de l'air. Les méthodes types d'élimination de la poussière sont illustrées dans la Fig. 4-13.

La chute de pression au travers d'un cyclone, qui dépend de plusieurs variables, varie habituellement de 249 à 1 990 N/m^2 et augmente avec l'augmentation de la vitesse d'entrée. L'efficacité augmente aussi avec la vitesse augmentante mais avec une plus faible dépendance que la chute de pression.[21] Pour une combinaison cyclone-poussière donnée, une vitesse optimum existe qui établit le meilleur équilibre entre la turbulance et la séparation centrifuge. La chute de pression est causée par des pertes de friction et par des effets cinétiques. Les pertes de friction dépendent de la ruguosité de la surface, de la vitesse du gaz, et des propriétés physiques du gaz et de l'aérosol, tandis qu'au contraire, les effets cinétiques résultent de l'accélération du flot du gaz. La chute de pression au travers d'un cyclone peut être réduite, soit par réduction de la vitesse de

Tableau 4-7. RELATION ENTRE LA TAILLE DE LA PARTICULE ET L'ECHELLE D'EFFICACITE D'UN CYCLONE[17]

Echelle de taille de la particule, mμ	Efficacité conventionnel de cyclone	Efficacité important de cyclone
Moins que 5	----------	Faible
5 à 20	Faible	Moyen
15 à 20	Moyen	Haute
Plus grande que 40	Haute	Haute

rotation (moins d'accélération et plus basse efficacité de séparation) ou par décélération du flot de gaz avant décharge pour récupérer une partie de l'énergie cinétique de rotation. Dans le collecteur à dispositif d'entraînement, la chute de pression peut être aussi basse que 124 N/m^2 d'eau. Des augmentations de pression peuvent même être réalisés avec quelques unités à cause de l'action pompante du dispositif d'entraînement dirigée par moteur.

Un cyclone peut être conçu pour éliminer presque toute charge de poussière qui peut être déplacée par le flot du gaz. Ainsi, les cyclones sont fréquemment utilisés comme pré-épurateurs là où les charges en poussière sont trop importantes pour d'autres collecteurs finaux. En plus, les cyclones sont habituellement utilisés pour des chargements de poussière de plus de 22,8 g/m^3, pour de chargements de poussière vulgaires ou facilement flocculés de moins de 22,8 g/m^3, ou pour des problèmes de haute température et corrosion.

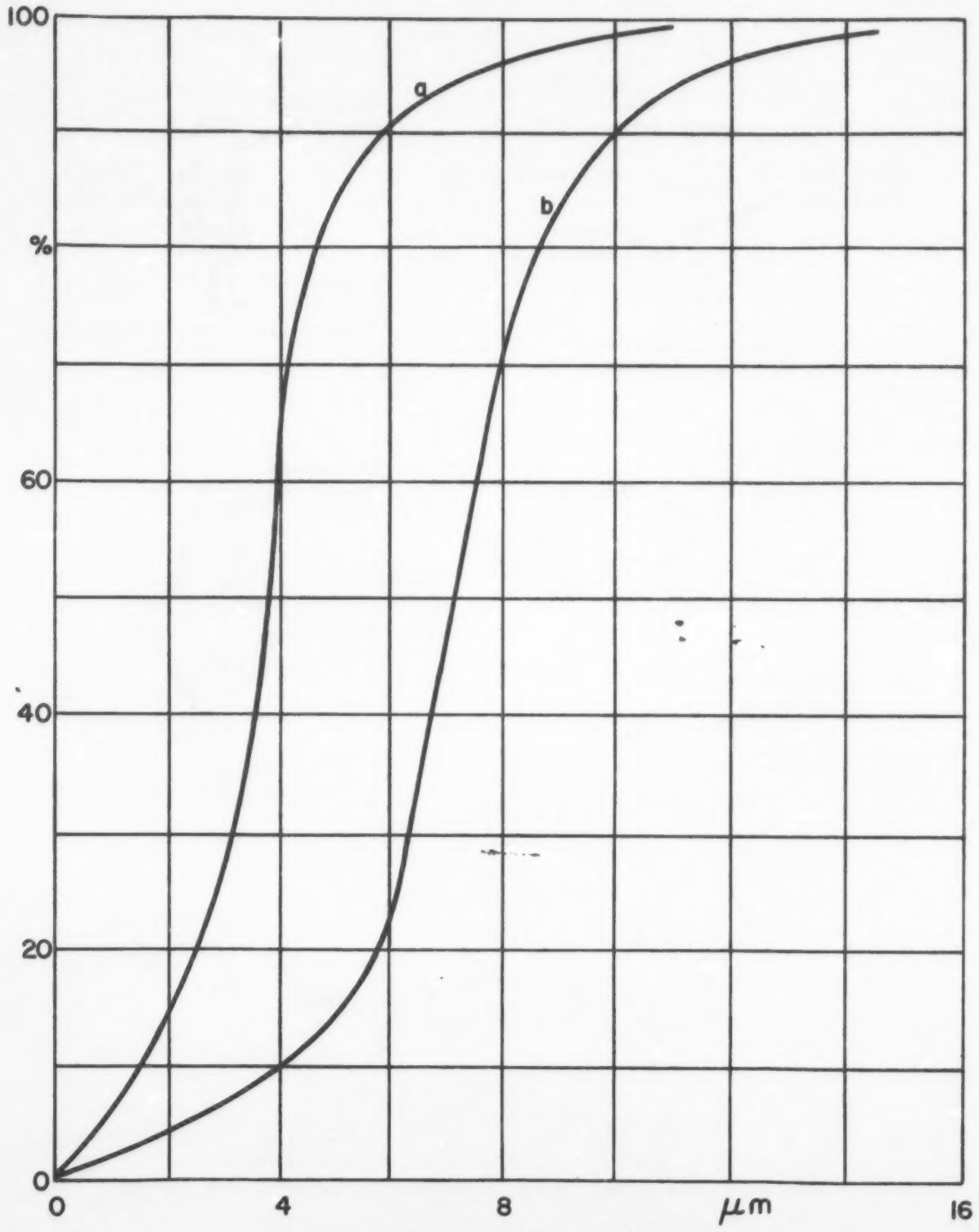
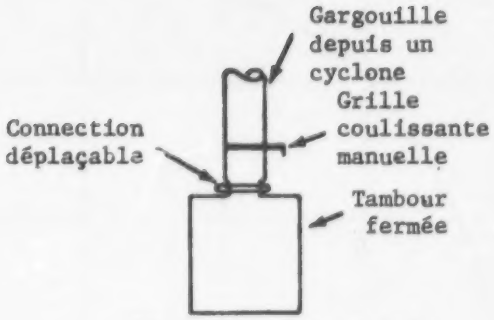
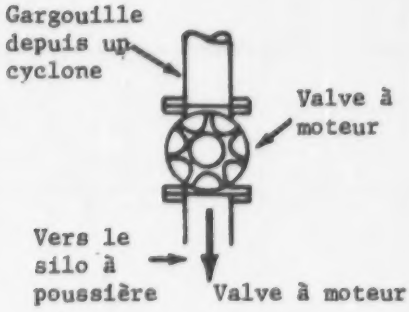
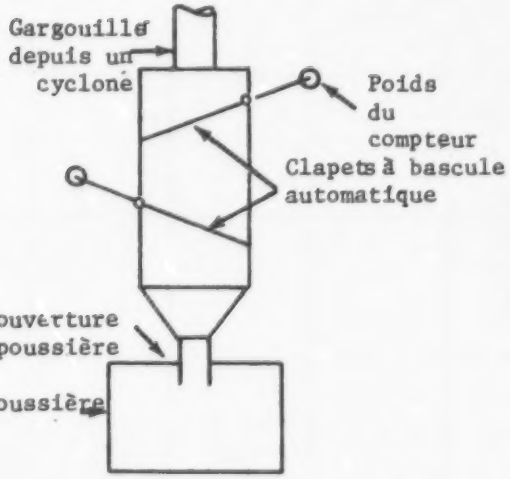


Fig. 4-12. Courbes d'efficacité d'un cyclone.
a) Petit cyclone: 200 mm diamètre extérieur
b) Grand cyclone: 1000 mm diamètre extérieur

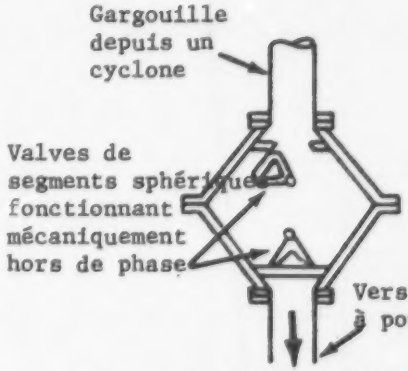


Tambour simple fermé
Décharge périodique

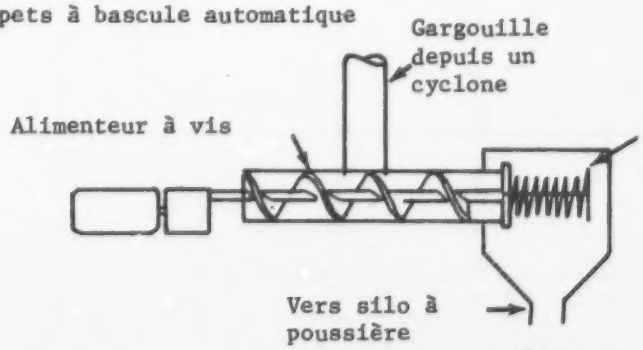




Clapets à bascule automatique



Valves à ségment sphérique et à différentiel pour haute pression



Alimenteur à vis de décharge par étranglement.

Fig. 4-13. Différents types de décharge de poussière de cyclone.

Quand des cyclones fonctionnent en parallèle, la distribution en gaz devient critique et l'efficacité de récolte est habituellement plus basse que celle d'une seule unité. Un fonctionnement en série est quelquefois utilisé (1) si la poussière est fragmentée et défloculée par rebondissement dans le cyclone, (2) si de grosses particules doivent être éliminées pour empêcher le bouchage, (3) si l'abrasion est un problème, ou (4) si le cyclone primaire perd de l'efficacité. Dans un fonctionnement en série , le cyclone primaire est habituellement d'un plan de diamètre large, et de basse chute de pression; des cyclones de plus petit diamètre avec efficacité et chute de pression augmentés suivent.

L'abrasion augmente exponentiellement avec la vitesse augmentante du gaz. Un maximum d'abrasion apparaît à un angle de choc de 0,35 à 0,53 rad et est approximativement deux fois plus grand que l'abrasion qui arrive à 1,58 rad.[22] Les effets de l'abrasion peuvent être minimisés par la réduction de la vitesse du gaz et par l'utilisation d'alliages spéciaux, de réfractaires résistant à l'abrasion, des murs plus épais et des tapissages en caoutchouc. Un développement récent qui réduit l'abrasion est l'arrêteur de poussière à trois phases dans lequel le mur du cyclone est protégé de l'abrasif par un courant de gaz auxiliaire introduit pour cet effet.[23]

4.2.3 Applications Types

Les cyclones sont utilisés dans les moulins à grain et à graine, dans les égreneuses de coton, dans les installations à engrais, et dans la fabrication de produits chimiques, de plastiques, et de métaux.[24] Les rendements et les applications sont énumérés dans les Tableaux 4-8 et 4-9.

4.3 COLLECTEURS HUMIDES ET ELIMINATEURS DE BRUME

Les collecteurs humides (séparateurs par lavage) utilisent un liquide, habituellement de l'eau, pour éliminer les matières en particules en les cernant et les éliminant par lavage.[31,32] L'introduction de vapeur avec le

liquide peut quelquefois provoquer la séparation de particules.[33] On a discuté d'une manière complète des séparateurs humides dans une récente étude de systèmes subventionnels par the U.S. Environmental Protection Agency (l'Agence Américain de la Protection de l'Environnement).[34] En pratique, le mécanisme principal par lequel les matières en particules sont mises en contact avec des gouttelettes liquides[32] est un mécanisme de choc par la force d'inertie. Quand un obstacle sur le parcourt du courant de gaz chargé de particules dévit le gaz autour de l'obstacle, les grosses particules tendent à s'écouler suivant un parcourt droit à cause de l'inertie et rentreront en contact et seront recueillis sur l'obstacle.

4.3.1 Description de l'Equipement

Un équipement de récolte humide peut être classifié en tenant compte de la source d'énergie utilisée pour la mise en contact du liquide et de la vapeur. Quelques dispositifs utilisent l'énergie du courant liquide; d'autres utilisent l'énergie du courant gazeux; d'autres encore l'introduise au travers d'un dispositif mécanique.

4.3.1.1 Dispositifs Utilisant l'Energie du Courant Liquide--Beaucoup de systèmes qui utilisent l'énergie en liquide fonctionnent en utilisant des becs de pulvérisation pour la dispersion du liquide. La Figure 4-14 illustre les becs de pulvérisation nécessaires pour le contact liquide-vapeur. Le contact peut être fait dans des chambres à pulvérisation ouverte, dans des filtres humides irrigués, dans des séparateurs à choche fixe, dans des séparateurs à chouche fluidifiée, ou dans des séparateurs venturi à jet.

Un exemple de chambre à pulvérisation ouverte est un système de pulvérisation installé directement dans une cheminée (Fig 4-15). Dans une tour à pulvérisation habituelle et à gravité (Fig. 4-16), les gouttelettes de liquide des becs de pulvérisation ou des atomiseurs tombent dans un courant ascendant de gaz contenant des particules de poussière. Le gaz passe dans les pulvérins de conditionnement d'entrée, dans une installation à distribution par la base,

Tableau 4-8. - DEBIT REPRESENTATIF DE COLLIDEURS CENTRIFUGES[24]

Type de collecteur	Procédé et matériel	Courant d'air m^3/s	Chute de pression N/m^2	Efficacité, poids en pourcentage	Chargement d'arrivée, g/m^3	Taille moyenne de masse d'entrée, mμ
Cyclone en série	Cracking catalytique fluide--catalyseur	18,8	Elevée	99,98	6 400	37,0
Cyclone	Nettoyage abrasif--talc	1,08	82,2	93,0	5,01	-----
Cyclone	Séchage--sable et gravier	5,65	474	86,9	86,6	8,2[a]
Cyclone	Meulage--aluminium	1,13	299	89,0	1,59	------
Cyclone	Machine à rabuter--bois	1,46	922	97,0	0,23	------
Dispositif d'entraînement	Broiement--écaille de fer	5,55	1 170	56,3	0,34	3,2[b]
Dispositif d'entraînement	Dépoussiérage du caoutchouc--stéarate de zinc	1,55	2 240	88,0	1,36	0,7

[a]Taille moyenne de masse de sortie = 3,2 mμ

[b]Taille moyenne de masse de sortie = 2,5 mμ

Tableau 4-9. - APPLICATIONS DES COLLECTEURS CENTRIFUGES

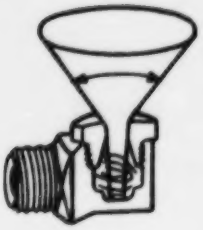
Opération ou procédé	Contaminant de l'air	Type d'équipement de nettoyage de l'air	Efficacité de collecteur	Ref.
Broyage, pulvérisation, mélange, cublâge:				
Mouli à luzerne d'alimentation	Poussière de luzerne	Cyclone, chambre de décantation	85	25
			85	25
Moulin à orge	Poussière de farine d'orge	Cyclone	85	25
Nettoyage à air du blé	Bale	Cyclone		
Séchage et cuisson:			95	25
Régénérateur de catalyseur (pétrole)	Poussière de catalyseur	Cyclone, ESP	85	25
Séchoir par pulvérisation de détergent en poudre	Détergent en poudre	Cyclone		
			85	25
Séchoir d'alimentation de pulpe d'orange	Poussière de pulpe	Cyclone	78	26
Four à séchage du sable	Poussière de silice	Cyclone	50	27
Séchage de sable et de gravier	Poussière de silice	Collecteur par force d'inertie	86	26
	Poussière de silice	Cyclone	50-86	26
Four à séchage de pierre	Poussière de sable et de gravier	Cyclone	95	28
Mélange des fluides:	Poussière de sable et de pierre	Cyclone, séparateur		
Mélange d'asphalte			89	29
Mélange de béton bitumineux	Poussière d'aluminium	Cyclone	56	27
	Ecaille de fer et de sable	Cyclone	91	30
Vernissage, plissage, meulage, burnissage:	Poussière	Collecteur[a]	78-88	29
Meulage (aluminium)	Stéarate de zinc plucheuse	Collecteur[a]		
Meulage (fer)			93	29
Meulage (atelier d'usinage)	Poussière de talc	Cyclone	51	26
Revêtement de surface, poussiérage de caoutchouc	Carbure de silicium et[b]	2 cyclones parallèles	97-99+	30
Traitement de surface--physique:	Poussière métalique et[d]	Collecteur[a]	99	30
Nettoyage abrasif	Poussière	Collecteur[a]	58	26
Rabottage abrasif de bois et mise en forme	Carbure de silicium et[b]	Cyclone		
Nettoyage de coulée avec de la grenaille[c]			97	29
Abottage de fonderie	Poussière de bois et copeaux	Cyclone		
Verification et mise en forme de produits abrasifs				
Travail du bois, incluant les plastiques, le caoutchouc, le carton: machine à raboter				

[a] à dispositif d'entraînement

[b] poussière d'aluminè

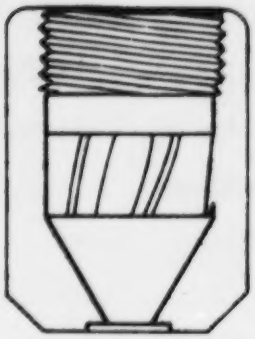
[c] de métal, décapage au sable et abattage.

[d] poussière de silice

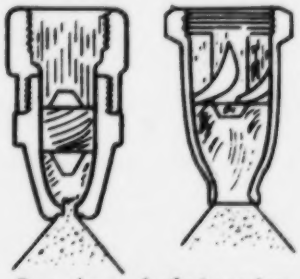


a. Bec de pulvérisation à cône creux

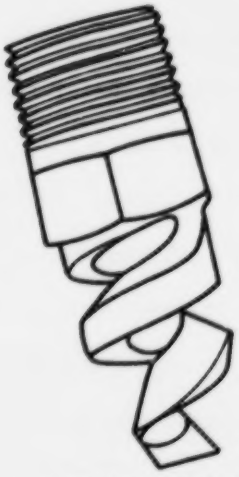
b. Bec de pulvérisation à cône creux.



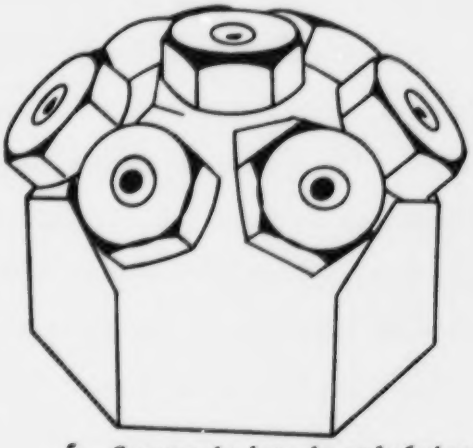
c. Bec de pulvérisation à cône creux



d. Bec de pulvérisation à cône solide

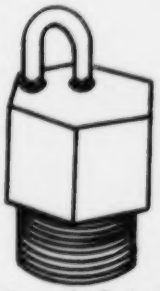


e. Bec de pulvérisation à cône solide



f. Groupe de bec de pulvérisation

h. Bec de pulvérisation à disque centrifuge



g. Bec de pulvérisation par choc et jet goupille

i. Bec à pulvérisation unique

Fig. 4-14. Becs de pulvérisation utilisés communément dans des séparateurs à voie humide.

dans une rangée ou plus de becs de pulvérisation et dans une section d'un éliminateur de brume (habituellement nécessaire pour des vitesses de gaz supérieures à 1,8 m/s). Le distributeur peut être une plaque perforée de trous distribués uniformement sur une plaque support couverte de 0,152 à 0,305 m de garniture. Le séparateur illustré à la Fig. 4-17 emploie des becs à pulvérisation tourbillante.

Dans les filtres humides irrigués (Fig. 4-18), une chambre supérieure contient les filtres humides et les becs de pulvérisation pour l'épuration du gaz, et une chambre inférieure stocke le liquide séparé. Le liquide récirculé est pulverisé à l'amont de la couche sur la surface de deux étages ou plus de filtres construits en série. Une couche sèche de fibres de petit diamètre, habituellement ajoutée en tant qu'étape finale d'épuration, élimine la brume de pulvérisation.[35,36] Le nombre d'étapes est déterminé par les caractéristiques du courant du gaz et par les exigences en épuration. Le mécanisme principal de séparation dans des filtres humides irrigués est l'interception des particules par des filaments de filtre individuel; l'élimination de particules et l'absorption du gaz peuvent être tout les deux accomplies et la forme de l'irrigation aide à l'élimination des solides.

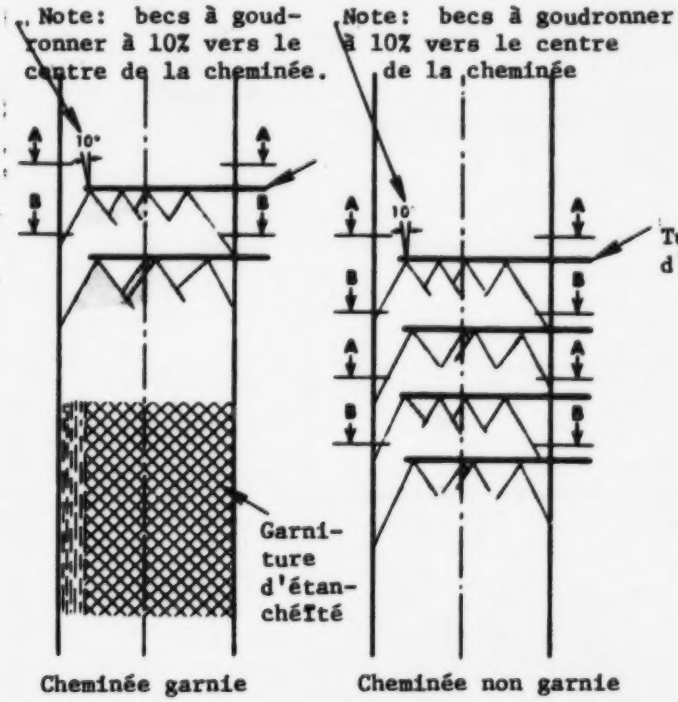
Dans un séparateur à couche fixe, la zône interfaciale est augmentée par du matériel de garniture ajoutée. Les matériaux de garniture types sont montrés à la Fig. 4-19.

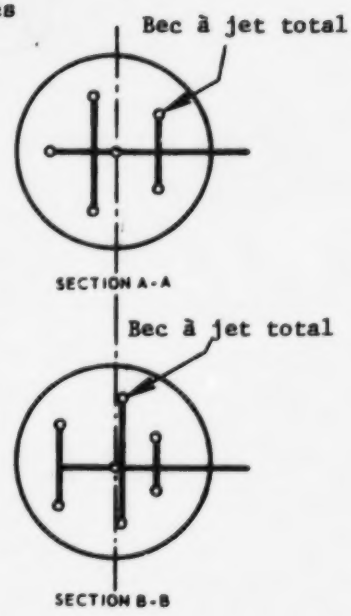
Les trois plans de couches fixes sont à écoulement transversale (Fig. 4-20a), à écoulement à contre courrant (Fig. 4-20b), et à cocourant.

Dans le séparateur à couche fixe à écoulement transversale (Fig. 4-20a), le courant de gaz se déplace horizontallement, et le liquide d'irrigation s'écoule vers le bas à cause de la gravité au travers des matériaux de garniture. La face conductrice d'une couche garnie forme une oblique de 0,12 à 0,18 rad (dépendant de la vitesse du gaz) par rapport au courant du gaz arrivant pour assurer une humidification complète et un lavage complet de la face par le liquide d'irrigation.

16 becs à jet total
13 nécessaires sur les deux côtés. Matière type acier inoxydable 303. Chute de pression 58 à 62 p.s.i.

8 becs de jet total
26 nécessaires sur les quatres côtés. Matière type acier inoxydable 303. Chute de pression de 55 à 62 p.s.i.





Variation attendue du chargement en liquide par mètre carré est d'approximativement 10%.

Fig. 4-15. Arrangement de becs dans un système de pulvérisation à cheminée.

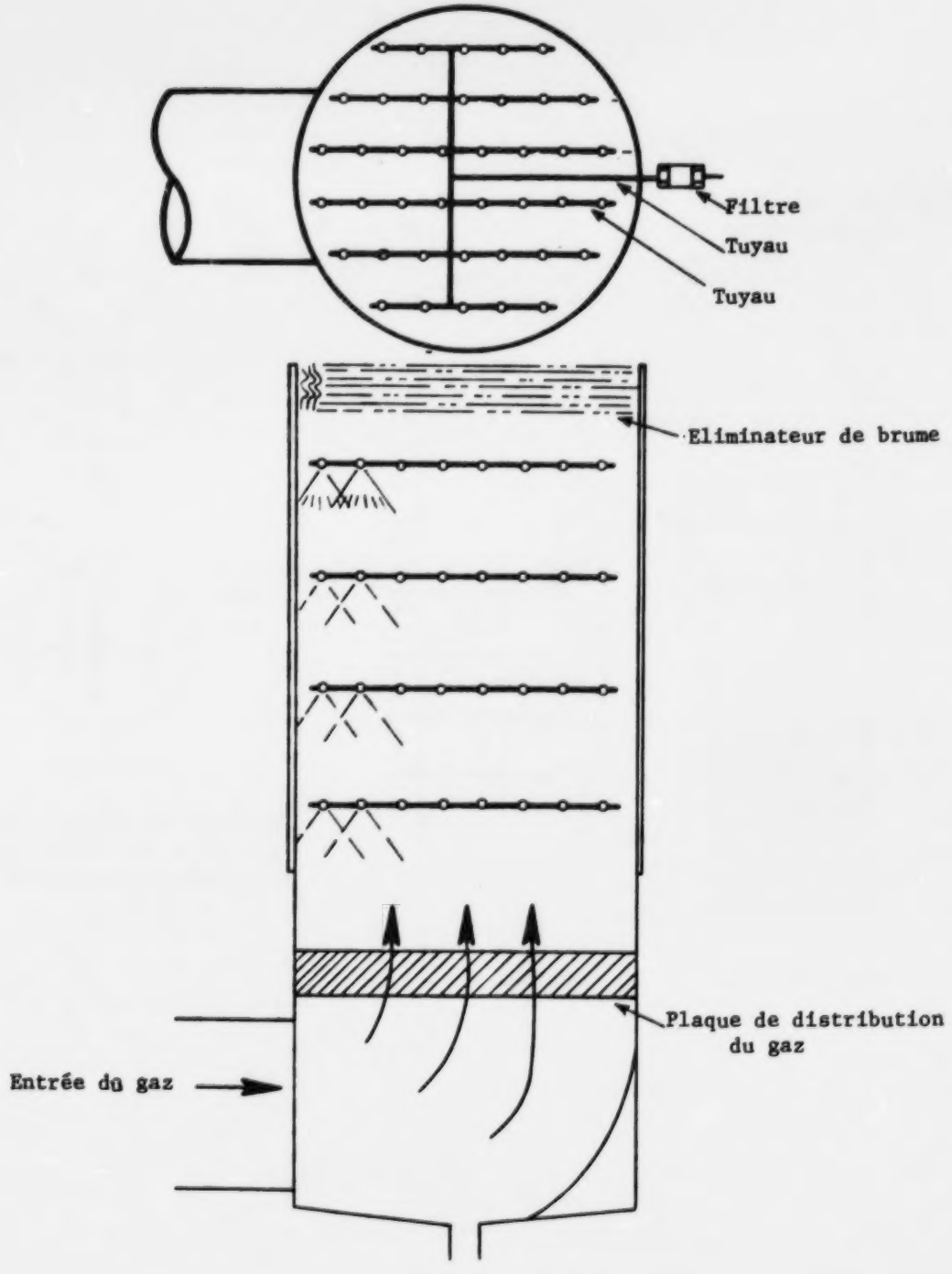


Fig. 4-16. Tracé type d'une tour à pulvérisation.

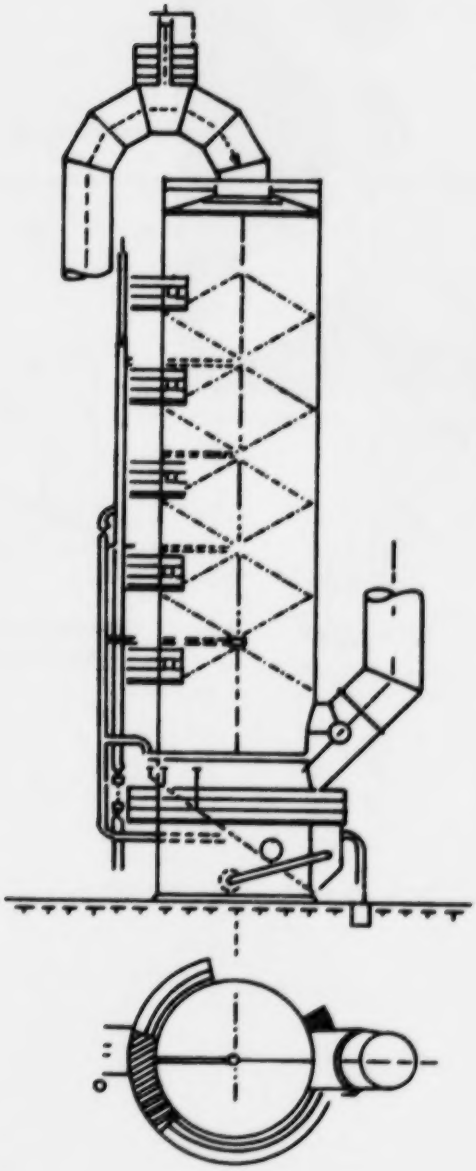


Fig. 4-17. Séparateur à zône de pression avec cinq becs tourbillonnant centraux.

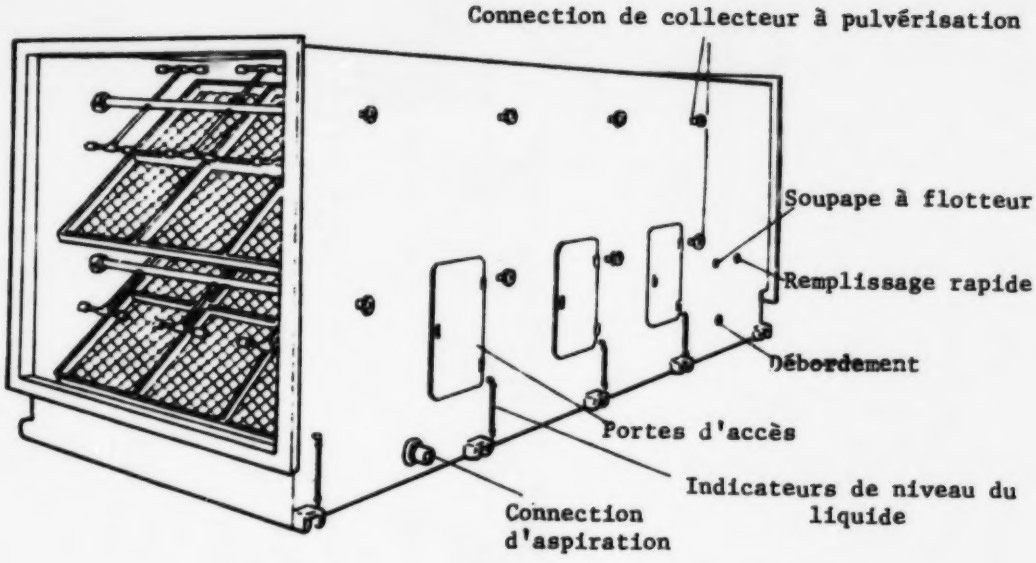
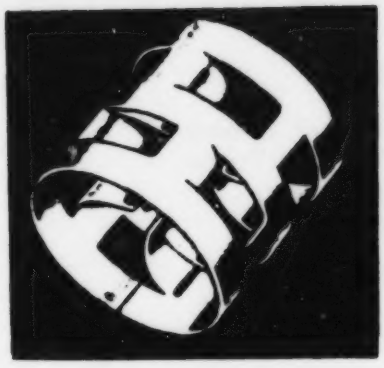
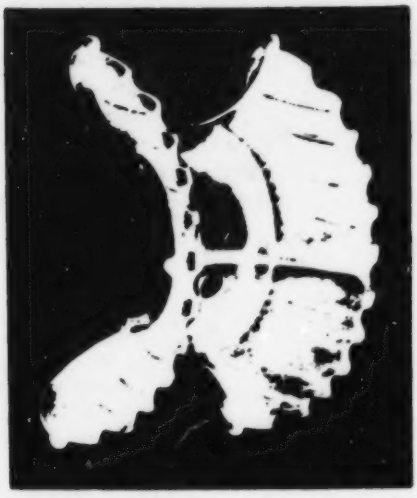


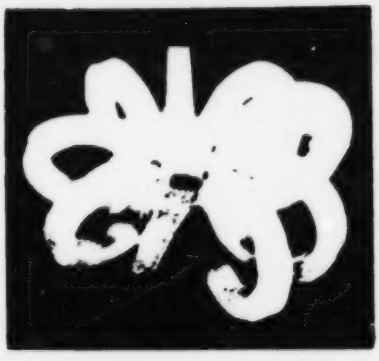
Fig. 18. Filtre à plaque humide.



Anneau en pallium

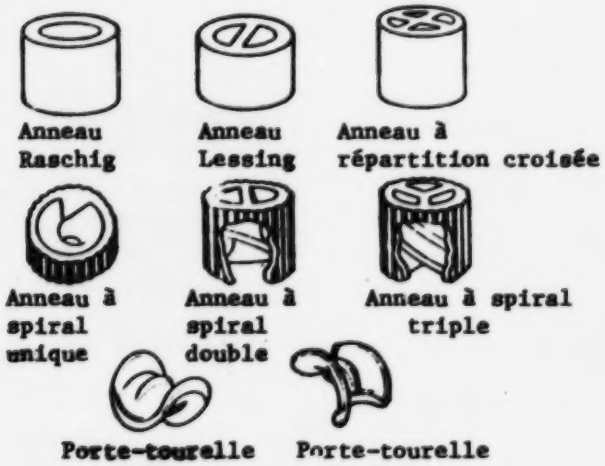


Porte-tourelle en plastique intalox



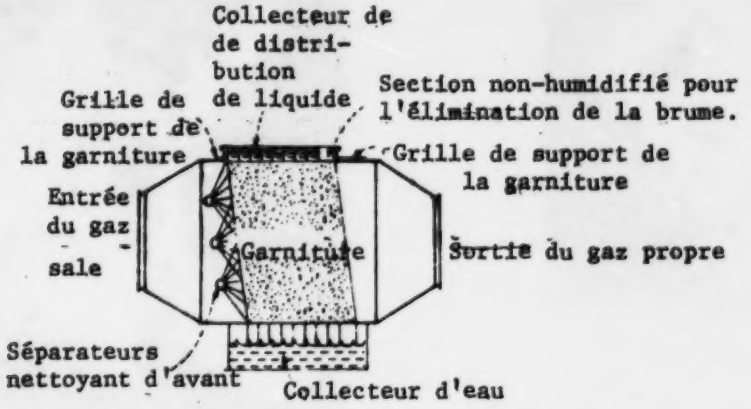
Tellerette

Maspac

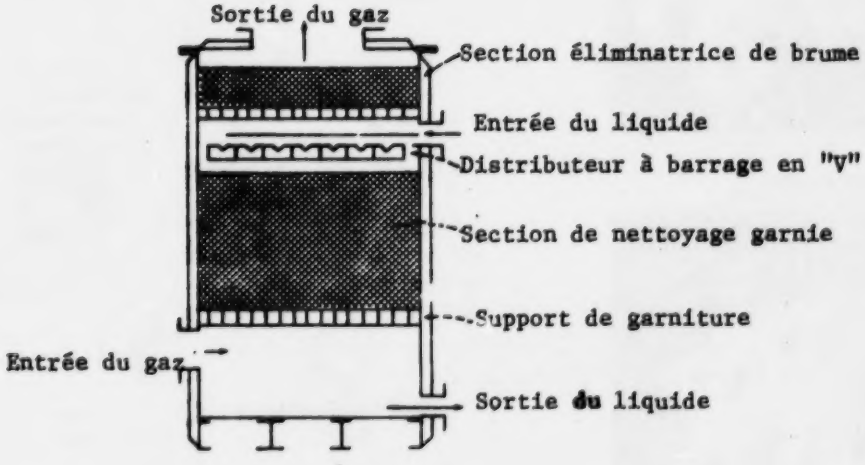


Garnitures en céramique.

Fig. 4-19. Garniture à séparateur à voie humide.



a. Séparateur à écoulement transversale



b. Séparateur à écoulement à contre-courant

Fig. 4-20. Séparateur à couche garnie.

Les pulvérins d'entrée conditionnent l'entrée du gaz et nettoient la face de la couche. Les plusieurs premiers centimètres de la couche doivent être irrigués abondamment pour empêcher la formation de solides. Le dos de la couche est habituellement une section sèche débarassée de la buée.[37]

Dans l'écoulement à contre-courant (Fig.4-20b), le plan le plus communément utilisé dans les couches fixes, le gaz est forcé vers le haut au travers des matériaux agglomérés contre la gravité de l'écoulement du liquide. Ce type de séparateur fonctionne le mieux à une vitesse de gaz et à une chute de pression qui provoquent la formation d'eau dans et au sommet de la couche.[38] Une chute de pression plus importante crée habituellement l'entraînement de liquide excessif et réduit l'efficacité.

Dans l'écoulement à co-courrant ou parallèle, le courant de gaz et le liquide d'irrigation passent au travers de la couche dans la même direction; le liquide empêche la couche garnie de se boucher, et le gaz et le liquide épurent les solides au travers de la couche. L'avantage majeur de cette configuration est la petite demande en liquide. Dans les séparateurs à couche fluidisée, l'agglomération de matériaux est fluidisée, ou maintenu en mouvement, par les fluides qui ont été traités. Les séparateurs à couche fluidisée fonctionnent, à l'occasion, juste au dessus du point de commencement de la fluidisation; dans ce mode de fonctionnement, le mouvement de l'agglomération de matériaux est minimal. Un tel dispositif (Fig. 4-21) a été appelé le séparateur à "couche noyée". L'air chargé de poussière et de fumée passant au travers d'une couche épaisse de 6 pouces garnie avec marbres de verre forme des bouillonnements qui causent un mouvement de frottage constant et léger qui nettoie les marbres. L'humidité entraînée est éliminée par choc ou par séparation de la force d'inertie dans une section de l'éliminateur de vapeur.

Plus souvent, la fluidisation est plus violente. Dans un plan type (Fig. 4-22), l'agglomération de matériaux correspond à des sphères de polyéthylène ou de polypropylène à faible densité, d'environ 0,038 m de diamètre qui sont contin-

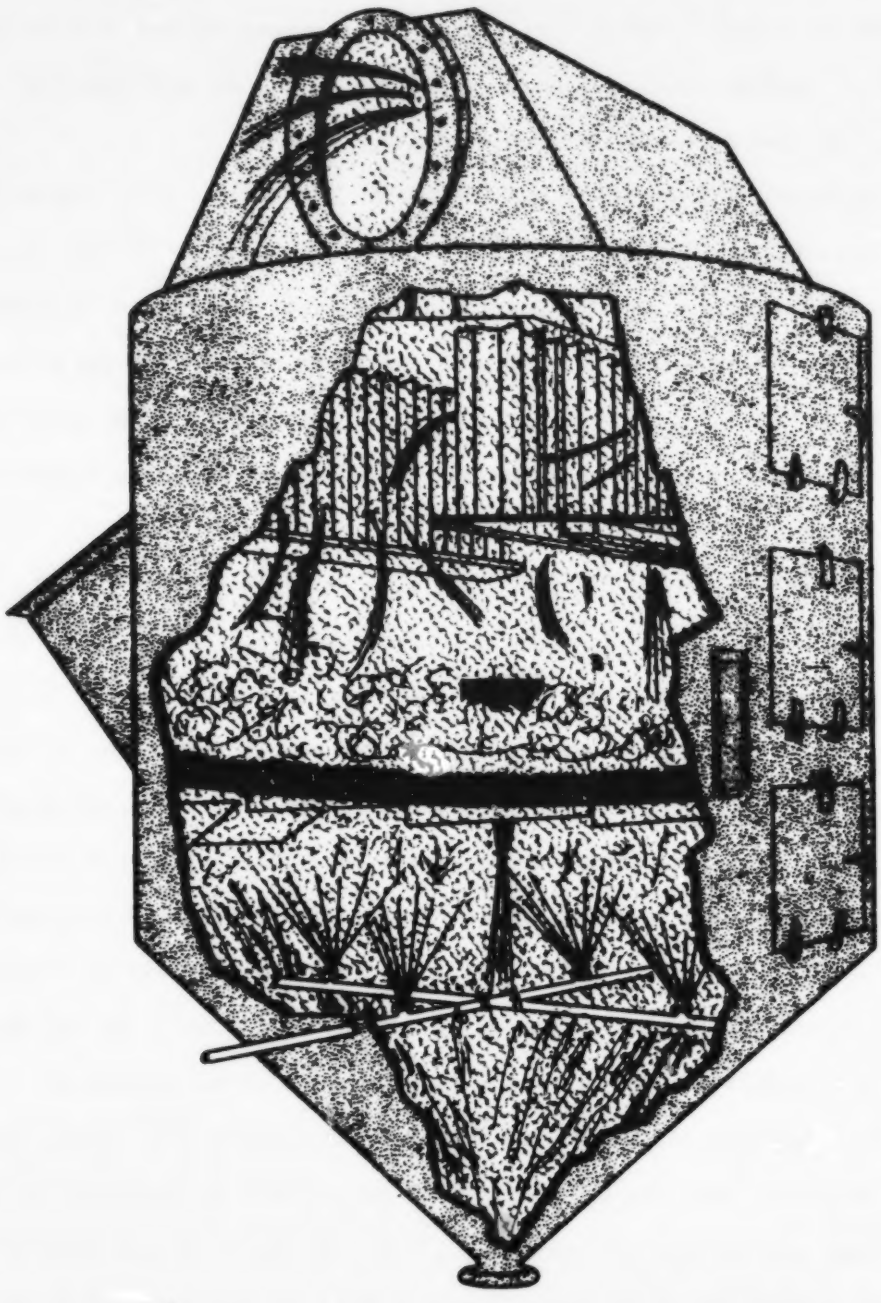


Fig. 4-21. Séparateur à couche noyée.

uellement en mouvement entre grilles de rétention supérieures et inférieures.[39] Le liquide d'épuration est pulverisé vers le bas au dessus des billes et au travers de l'écoulement à contre-courant du gaz sale; ainsi, le gaz et le liquide sont amenés en contact sur la surface des sphères humides et dans les espaces entre elles; alors, ces sphères sont nettoyées par mouvement constant afin que la couche ne se bouche pas facilement.

Dans un séparateur venturi à jet, le liquide est fourni sous forme de jet de grande vitesse le long de l'axe du col venturi. Le liquide pompe, lave et/ou absorbe le gaz entraîné. L'efficacité mécanique du courant du jet dans le pompage du gaz peut être aussi important que 16 à 17 pour cent. L'efficacité de la collecte augmentée demande une dépense d'énergie augmentée.[40,41]

4.3.1.2 Dispositifs Utilisant l'Energie du Courant Gazeux--Parmi les dispositifs les plus communs qui utilisent l'énergie gazeux dans le procédé de mélange, on trouve deux types de cyclones humides--ou des séparateurs centrifuges à pulvérisation--le séparateur à pulvérisation à induction automatique, le séparateur venturi, le séparateur à disque noyé et le séparateur venturi vertical.

Dans le premier type de cyclone humide, le mouvement centrifuge est communiqué au courant du gaz par une entrée tangentielle (Fig. 4-23a). Les murs humidifiés empêchent le réentraînement du matériel séparé. La Figure 4-23b montre l'entrée tangentielle à la base du gaz: le liquide est pulverisé à l'extérieur depuis les injecteurs dans un tuyau central, une partie non pulversié au dessus des injecteurs est prévue pour séparer les particules récueillies depuis le courant du gaz, et dans le plan intermédiaire illustré à la Fig.4-23c , l'eau pulverisée à l'intérieur tangentiellement depuis le mur aide à maintenir le mouvement centrifuge du courant du gaz.

Dans le second type de cyclone humide (Fig. 4-23d), le mouvement rotatoir est donné au courant du gaz par des vanes fixes et des dispositifs d'entraînement, et le liquide nettoyant est introduit centrallement soit sous forme de pulvérisation ou d'un courant liquide.[42]

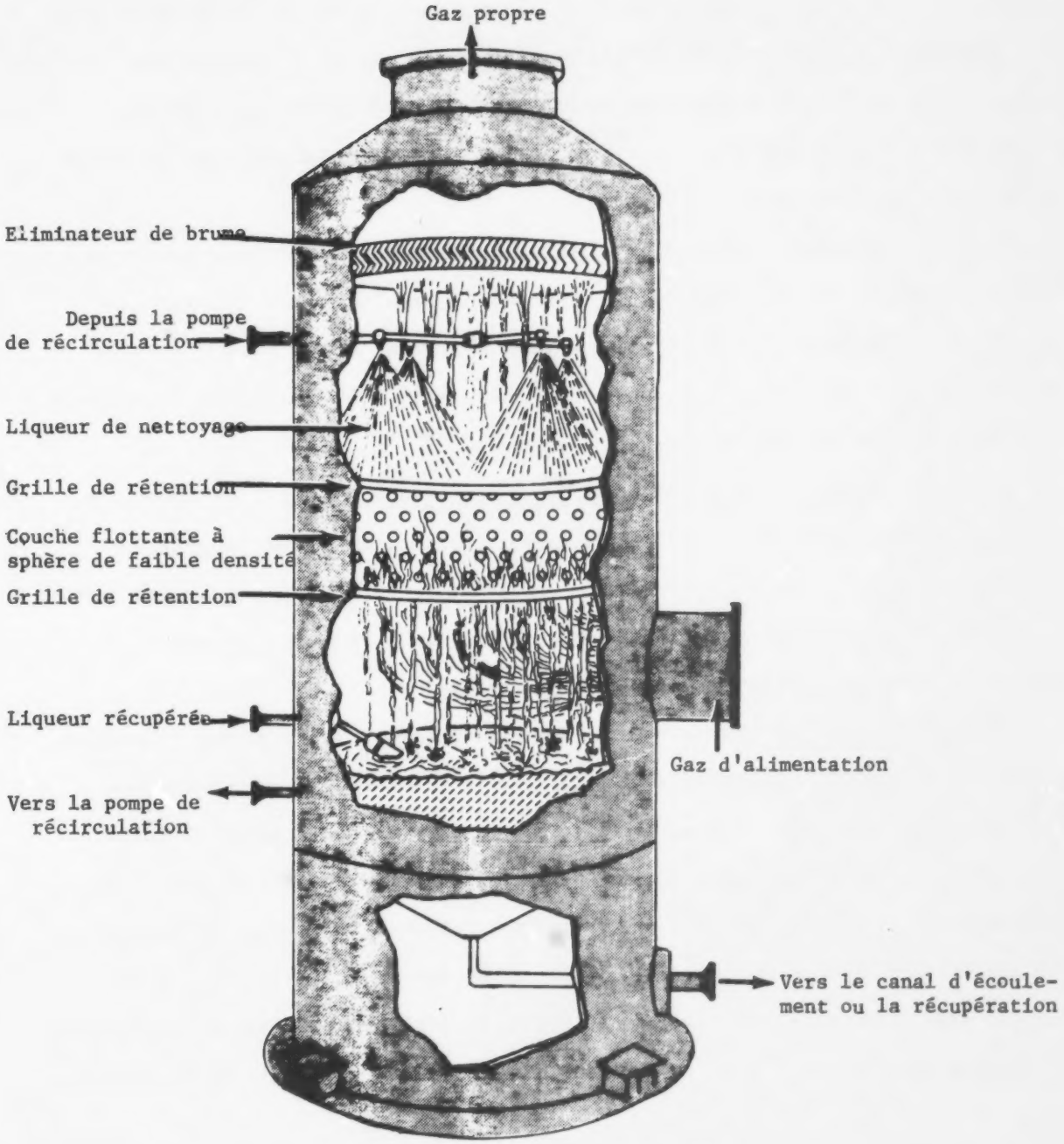
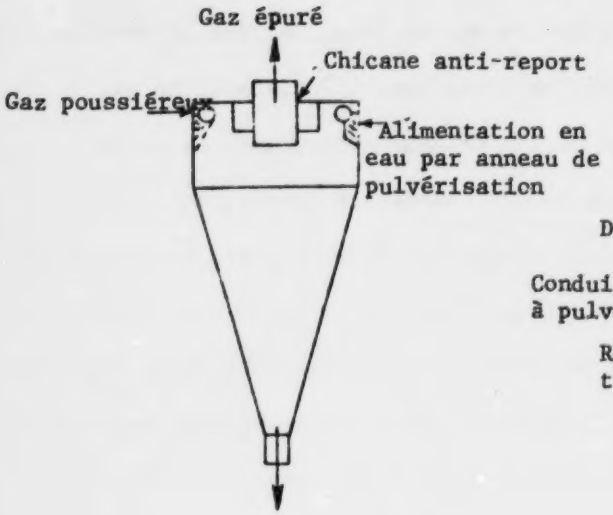
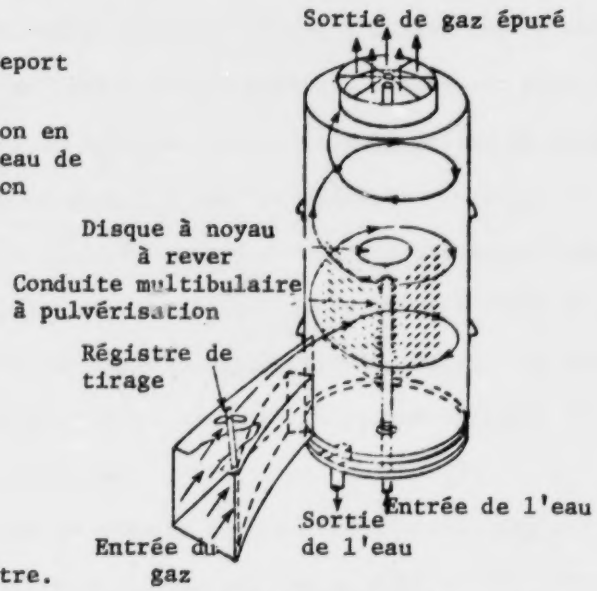


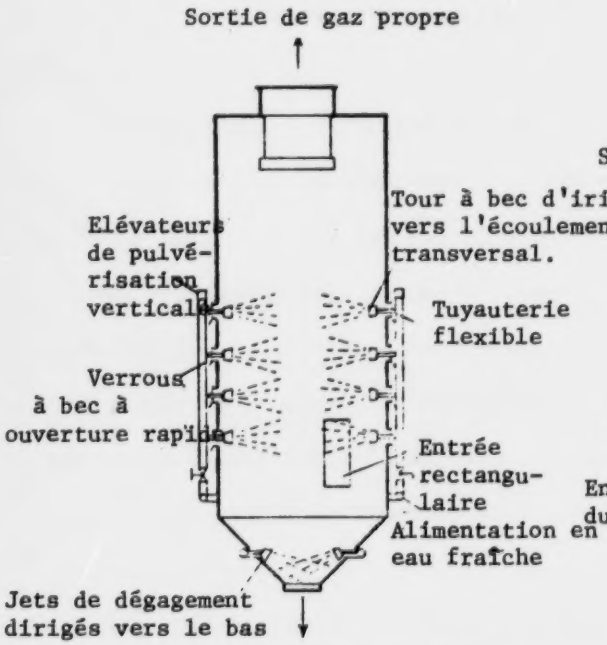
Fig. 4-22. Séparateur garni à couche flottante (couche fluide)



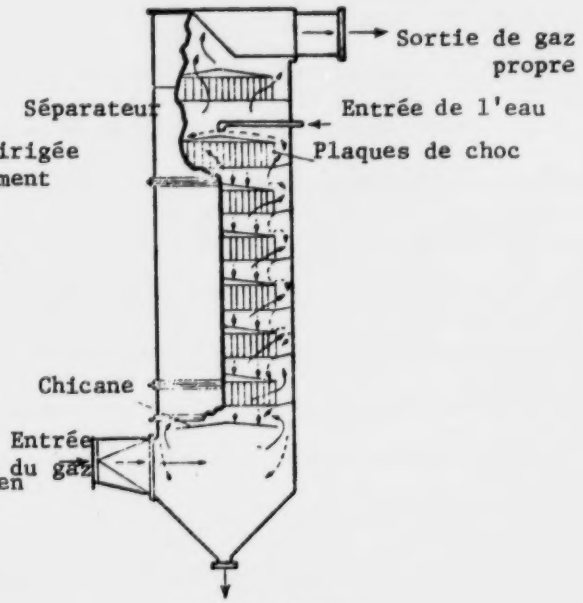
a. Cyclone irrigué à gros diamètre.



b. Séparateur à Cyclone Pease Anthony (Par les bienfaits du Chemical Construction Corporation)



c. Séparateur à pulvérisation par cyclone (par les bienfaits du Buffalo Forge Company)



Séparateur à lavage multiple (Par les bienfaits du Claude B. Schneible Company)

Fig. 4-23. Séparateurs centrifuges à vaporisation.

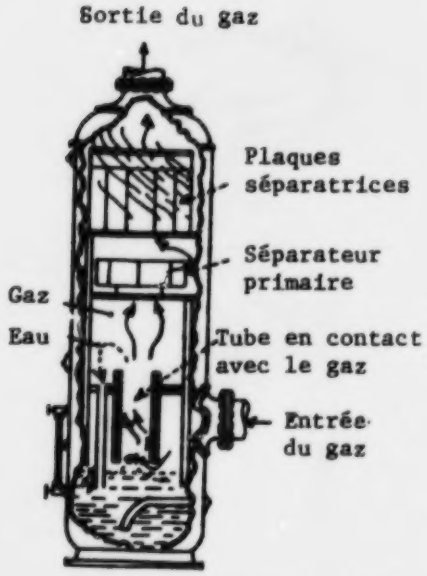
Dans un séparateur à pulvérisation à induction automatique, la zône de récolte de particule correspond à rideau de pulvérisation induit par l'écoulement du gaz au travers un orifice partiellement submergé ou une chicane aérodynamique, et le report de brume est minimisé par des chicanes ou des chambres à tourbillon. Les types représentatifs sont le séparateur à orifice submergé (Fig. 4-24a), le séparateur Blaw Knox (Fig. 4-24b), et le séparateur Doyle (Fig. 4-24c).

Dans un séparateur venturi, le mélange est réalisé par l'introduction du liquide nettoyant dans les angles voulus vers un écoulement de gaz à grande vitesse dans le col (sections contractées) du venturi. Les petites gouttelettes formées par le courant du gaz sont accélerées à la vitesse du gaz. Si le gaz dans une partie à pression réduite dans le col est complètement saturé (ou d'une manière préférable, supersaturé), la condensation de l'eau sur les particules peut aider la particule à grossir, et l'humidité de sa surface aidera à l'agglomération et à la séparation.[43]

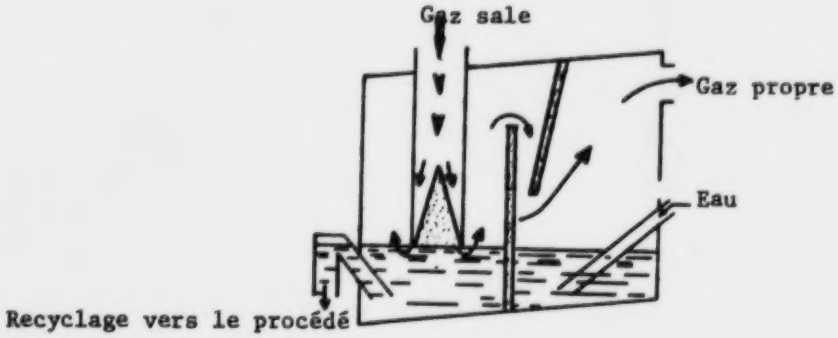
L'eau est soit injectée dans le col depuis une pulvérisation (Fig. 4-25a) ou depuis une boite déversoir (Figs. 4-25b et 4-25c). L'avantage de l'utilisation d'un déversoir à déboundement sur les murs en amont du venturi est que l'eau de lavage injectée peut être récirculée sur une échelle beaucoup plus grande que les systèmes utilisant de petits jets. De récentes recherches pour trouver des méthodes d'injection d'eau qui réduisent l'usure de l'injecteur et les demandes en pompe et les méthodes de maintient de la chute de pression et de l'efficacité du nettoyage avec les débits d'écoulement du gaz sont arrivés à la conclusion de développer les cols venturi variables.

Des efficacités de séparation éprouvées ont été notées quand le liquide est surchauffé (préalablement à l'injection du col venturi), ceci étant possible par échange en chaleur contre le gaz brûlé,[44] et est autorisé à jaillir dans le gaz.[45] L'action jaillissante semble créer de petites gouttelettes qui sont des collecteurs de poussière efficaces. L'atomisation de type nuage produit aussi une séparation de particules plus efficace que ne le fait l'atomisation de type

a. Collecteur de poussière à orifice tourbillonant Schmieg



b. Contracteur à tourbillon liquide



c. Séparateur Doyle

Fig. 4-24. Séparateur à pulvérisation à induction automatique.

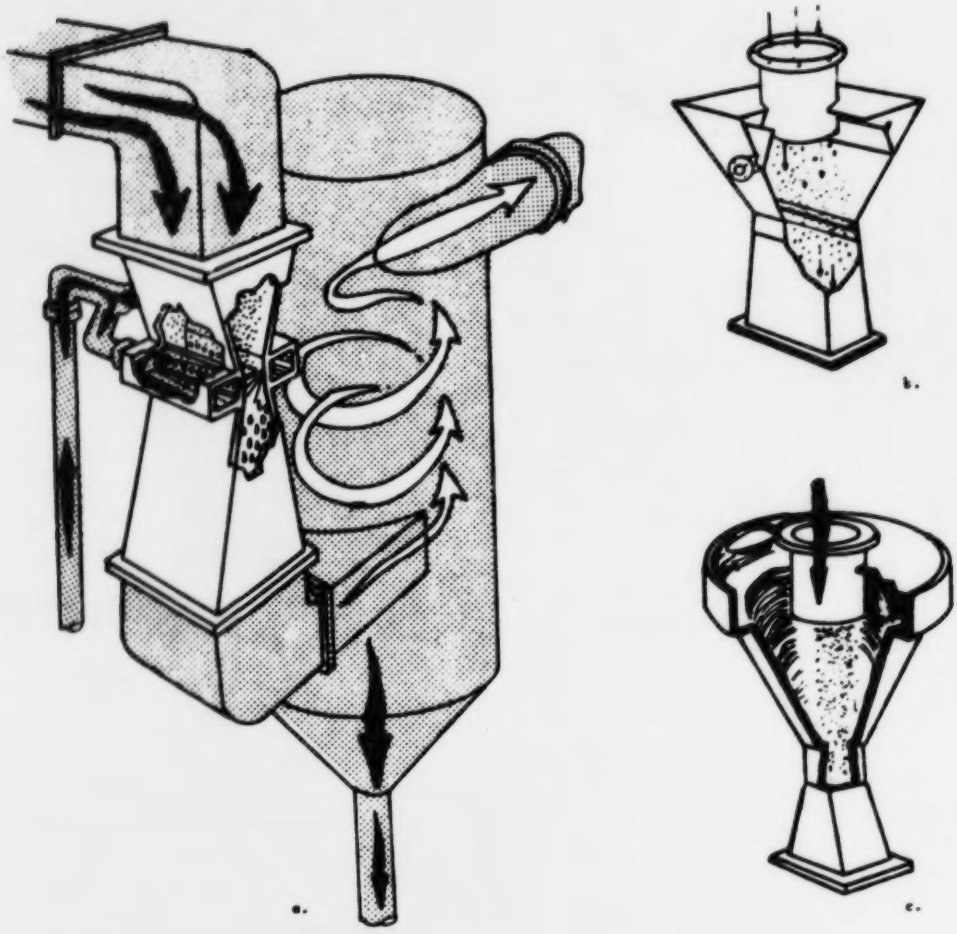


Fig. 4-25. Séparateur venturi peut s'alimenter en liquide au travers de jets (a), au dessus d'un déversoir (b), ou par tourbillon sur un étage (c).

gouttellette.[46] L'énergie sonore est également efficace en tant qu'agent atomisant.[47]

Le disque noyé (séparateur à orifice à col variable, Fig. 4-26) est d'un développement relativement neuf.[48] Le liquide nettoyant est alimenté au centre de la plaque de l'orifice qui distribue le liquide au travers de l'orifice du col. La chute de pression et l'efficacité, qui sont comparables aux autres séparateurs venturi, peuvent être ajustées en changeant la position du disque.

Le venturi vertical diffère du séparateur venturi conventionnel--l'écoulement du gaz est dirigé vers le haut pour produire un mélange turbulent du gaz avec le liquide en suspension dans la partie du diffuseur (Fig. 4-27). Le liquide récircule intérieurement par un mélange à remous dans le diffuseur et extérieurment par un retour du liquide nettoyant vers le col, après séparation partielle. Le report d'eau schlammeuse, quand il est séparé par action centrifuge du courant du gaz causé par une dispositif d'entraînement fixe, retourne par gravité vers le concentrateur de solides. Les avantages de ce plan sont l'importante contenance en solides de l'eau schlammeuse, le faible usage de l'eau , l'élimination d'une pompe à récirculation, un chute de pression relativement basse, et des coûts de fonctionnement bas.[39]

Le séparateur à brêche en anneau (Fig. 4-28) est un développement relativement nouveau qui utilise un cuve en forme de cône dans une paroi en forme de cône. La brêche en anneau est la distance entre la cuve et la paroi. En déplaçant la cuve dans une direction axiale, la surface transversale du courant du gaz et par la même, la vitesse du gaz, peuvent être variés. L'eau est injectée dans un injecteur à tourbillon. Les éléments de la brêche en anneau peuvent être utilisés parallèles les uns aux autres. Le séparateur à brêche en anneau suit habituellement un pré-épurateur qui peut être un séparateur à brêche en anneau et à faible chute de pression.

4.3.1.3 Dispositifs qui Ajoutent de l'Energie Mécaniquement--Les plus efficaces des séparateurs humides du point de vue de la séparation de particules utilisent des accessoires mécaniques pour former le mélange intime gaz-liquide. Dans cette

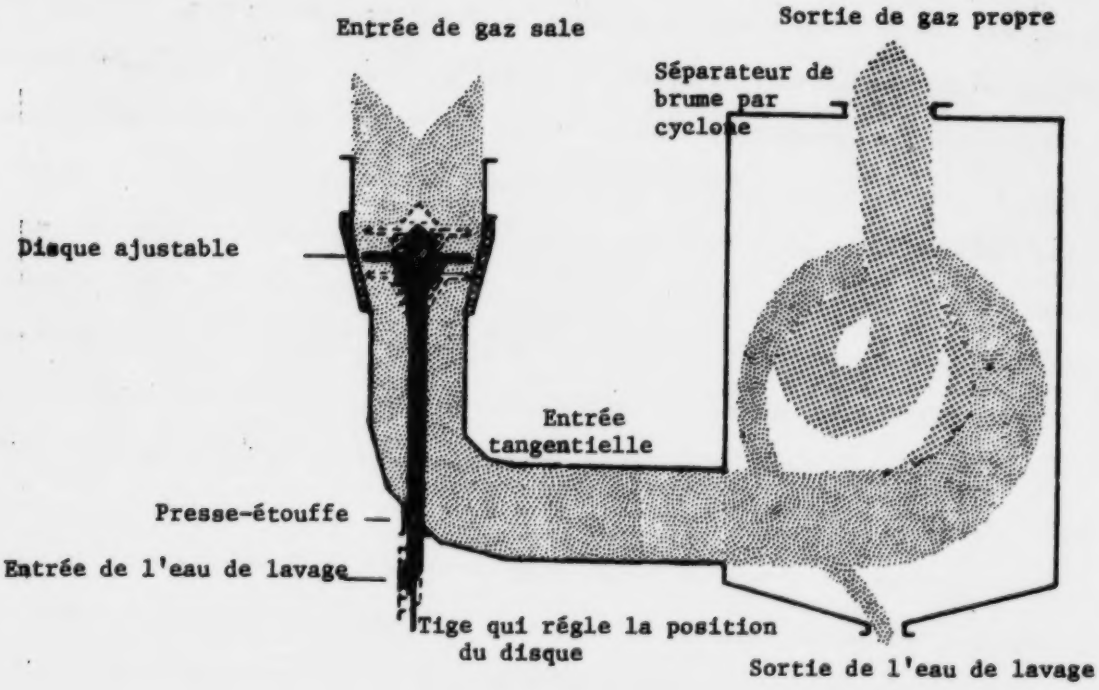


Fig. 4-26. Séparateur de disque noyé (orifice du col variable).

Fig. 4-27. Séparateur venturi vertical.

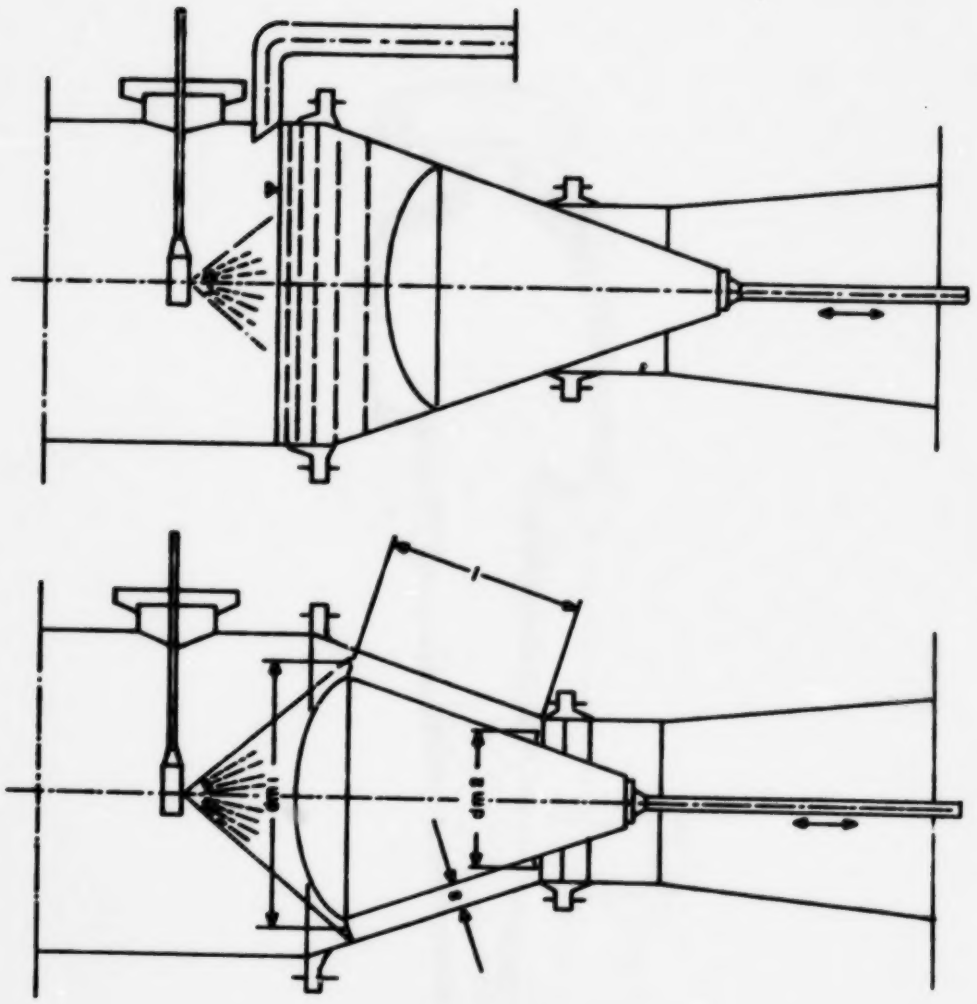


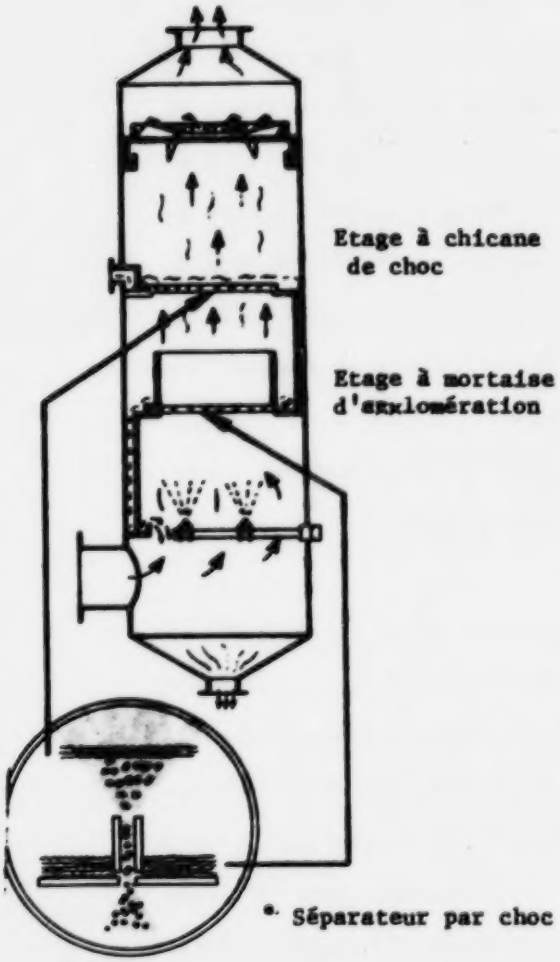
Fig. 4-28. Séparateur à brêche en anneau avec bec de tourbillon central ouvert et fermé.

catégorie se trouvent les séparateurs à plaque de choc, les séparateurs à pulvérisation induite mécaniquement, les séparateurs humides à ventilateur centrifuge, les séparateurs commandés par un ventilateur axial, et les séparateurs désintégrateurs.

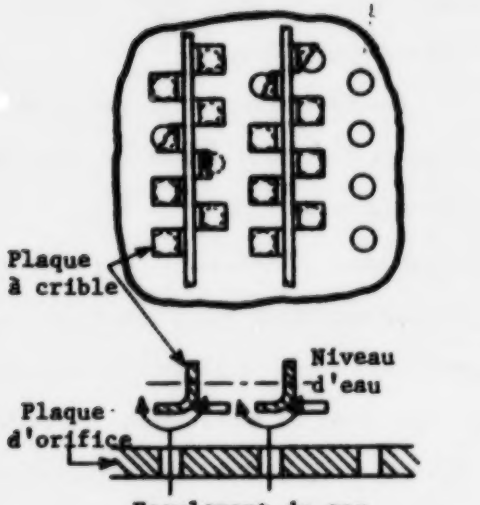
Les séparateurs à plaque de choc (Fig. 4-29a) ont une tour équipée d'un étage de choc ou plus, de chicanes éliminant la brume, et de chambres de pulvérisation.[49] L'étage (Fig. 4-29b) a une plaque perforée avec une chicane directement au dessus de chaque trou et en barrage qui contrôle le niveau du liquide nettoyant qui s'écoule au dessus de la plaque et au travers le tuyau de descente vers soit un collecteur d'eau ou l'étage le plus bas. Depuis la partie basse du séparateur, le gaz chargé de poussière passe vers le haut au travers d'un groupe de pulvérisateurs à basse pression et au travers l'étage de choc, où la grande vitesse du gaz et des particules (22,9 à 30,5 m/s) atomise le liquide aux bords des perforations. Les gouttelettes de pulvérisation, ayant une taille d'environ 10 mμ, intensifient la récolte de poussière fine. Les plaques de choc du type montré à la Fig. 4-30 sont utilisées comme préfiltres pour beaucoup de systèmes à haute efficacité.

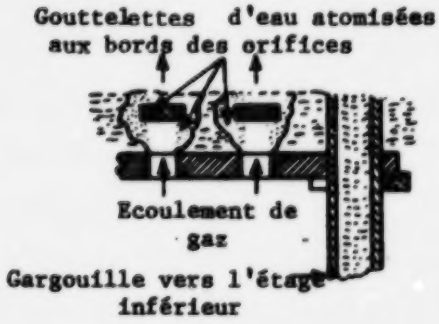
Dans le séparateur à pulvérisateur mécaniquement induit (Figs. 4-31a et 4-31b), les pulvérisations de grande vitesse sont produites aux angles exacts vers la direction de l'écoulement du gaz par un rotor partiellement submergé, et l'épuration est obtenu par choc à cause de la vitesse importante radiale des gouttelettes et de la vitesse verticale du gaz. L'atomisation du liquide se produit au rotor et sur le mur extérieur.[50] Les avantages sont le besoin en liquide relativement bas, le besoin d'un petit espace, la haute efficacité de lavage, et l'importante capacité de la charge de poussière. Le rotor, néanmoins, est susceptible de subir l'abrasion de grosses particules et de poussières abrasives. Des applications d'épurateur de haute puissance peuvent réclamer l'utilisation d'éliminateurs de brume.

Le séparateur par voie humide à ventilateur centrifuge (Fig. 4-32 est essentiellement



a. Séparateur par choc





b. Détail de plaque de choc

Fig. 4-29. Séparateur à plaque de choc.

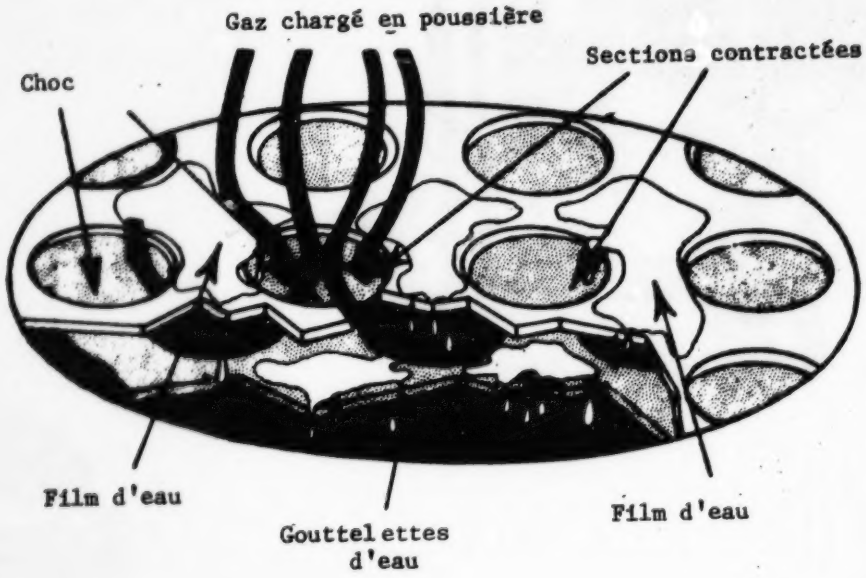
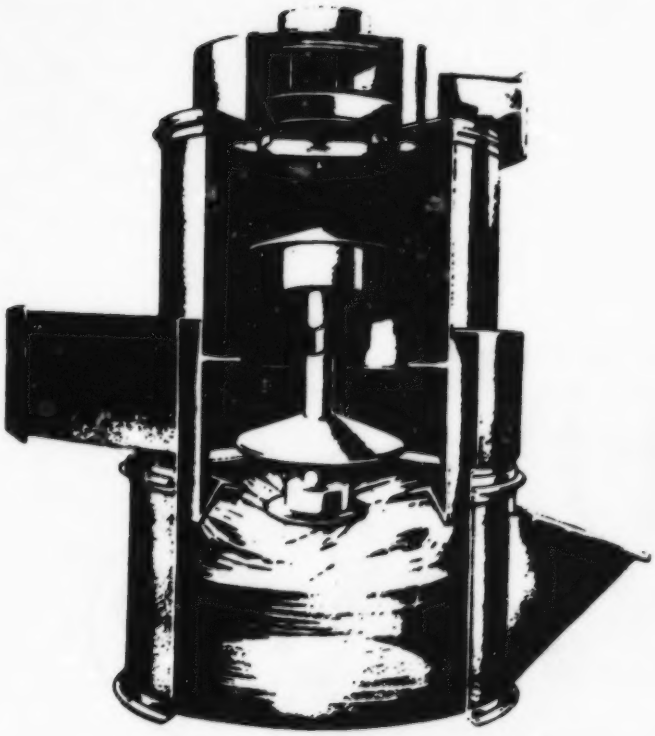
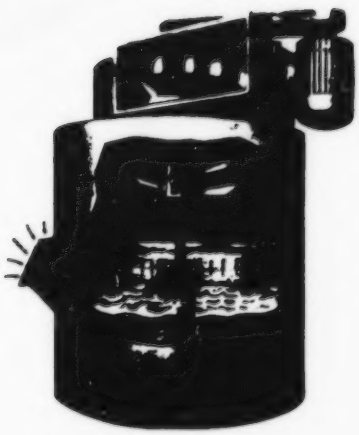


Fig. 4-30. Filtre à plaque à choc.



a



b

Fig. 4-31. Séparateurs à pulvérisation induite automatiquement.

un ventilateur soufflant centrifuge à pales multiples. Les avantages sont l'exigence de peu d'espace, la demande modérée d'énergie, la faible consommation d'eau, et l'efficacité d'épuration relativement haut.

Dans le séparateur à gaz commandé par un ventilateur axial (Fig. 4-33), un pulvérisateur d'eau et un écran à chicanes humidifient les particules et l'action du ventilateur centrifuge éliminent les particules humidifiées au travers de grilles concentriques. Les avantages du séparateur par voie humide en ligne sont la faible demande en espace et le faible coût de l'installation.

Un séparateur désintégrateur (Fig. 4-34) a un rotor barré à l'intérieur d'un stator barré. L'eau est injectée axiallement au travers l'arbe du rotor et est séparée en de fines gouttelettes par la vitesse relativement élevée du rotor et des barres du stator; les particules de poussière sont frappées par la vitesse importante des gouttelettes Les avantages de ce séparateur sont l'importante efficacité de récolte des particules au dessus d'un micron, et les faibles demandes en espace. Le désavantage principal est son important besoin en énergie.

4.3.1.4 Les Eliminateurs de Brume--Les éliminateurs de brume à fibres humides ont soit une basse vitesse (de 0,03 à 0,15 m/s, Fig. 4-35) ou une importante vitesse (de 2,04 à 2,55 m/s, Fig. 4-36). Le genre de construction à faible vitesse a une couche de fibres entre les deux écrans concentriques. Les particules de brume se rassemblent sur la surface des fibres, fusionnent pour former un film liquide qui humidifie les fibres, et se déplacent horizontalement vers le bas grâce à la force de gravité et la drague des gaz; le liquide s'écoule vers le bas dans l'écran interne vers le bas de l'élément et au travers d'un joint liquide vers un réservoir de collecte.

Le genre de conception à haute vitesse (Fig. 4-36a) possède une couche de fibre en paquet entre les deux écrans parallèles. Un montage multiple est présenté à la Fig. 4-36b. Les types d'écoulement du liquide sont similaires à ceux du filtre à faible vitesse. Ce type de filtre est utilisé dans la récolte

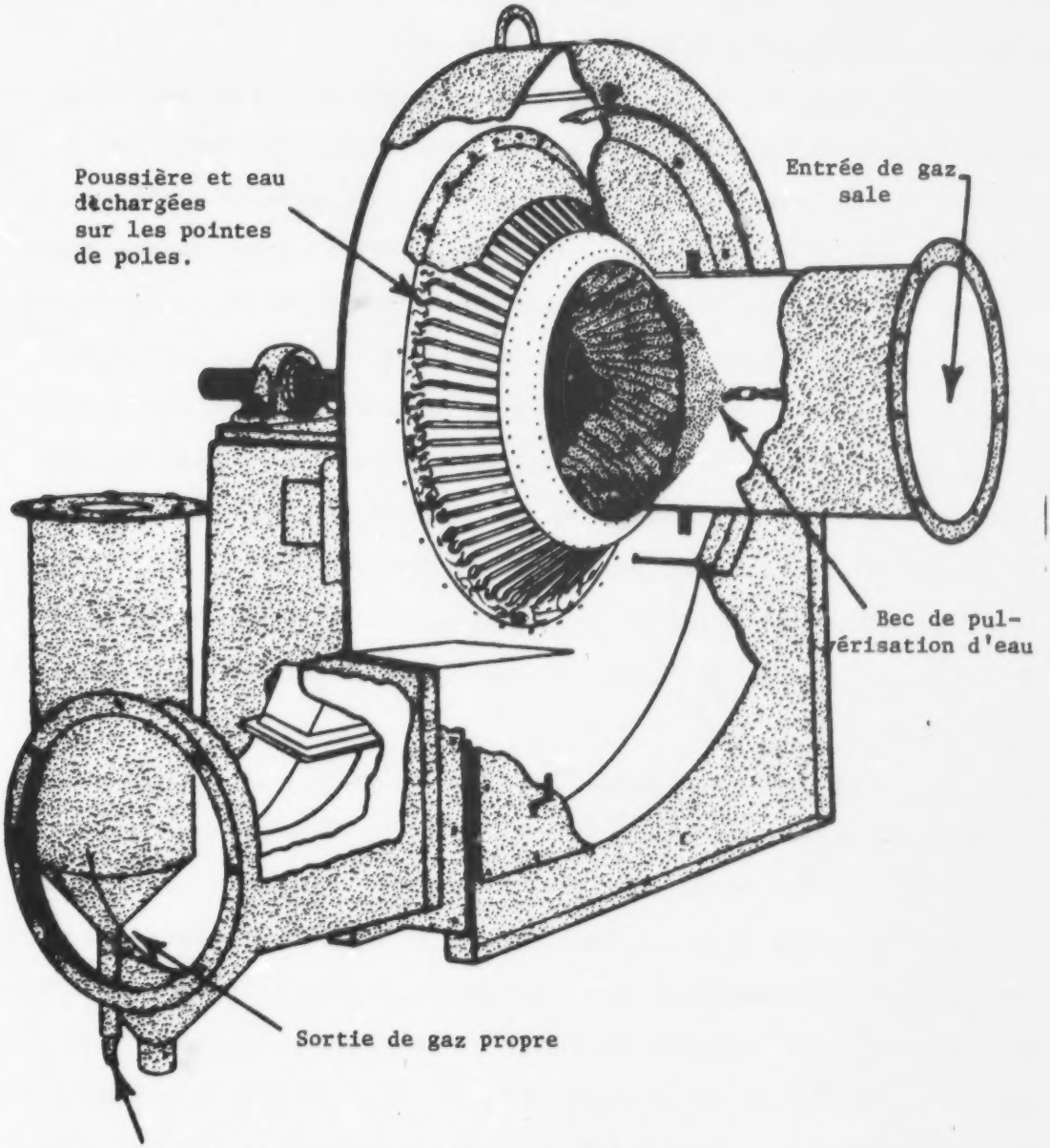


Fig. 4-32. Séparateur par voie humide à ventilateur centrifuge.

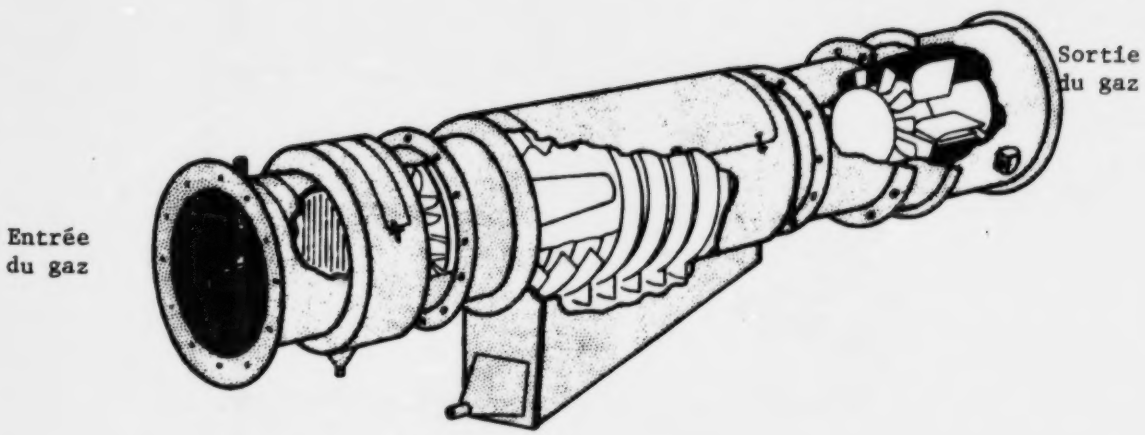


Fig. 4-33. Séparateur à voie humide en noyau.

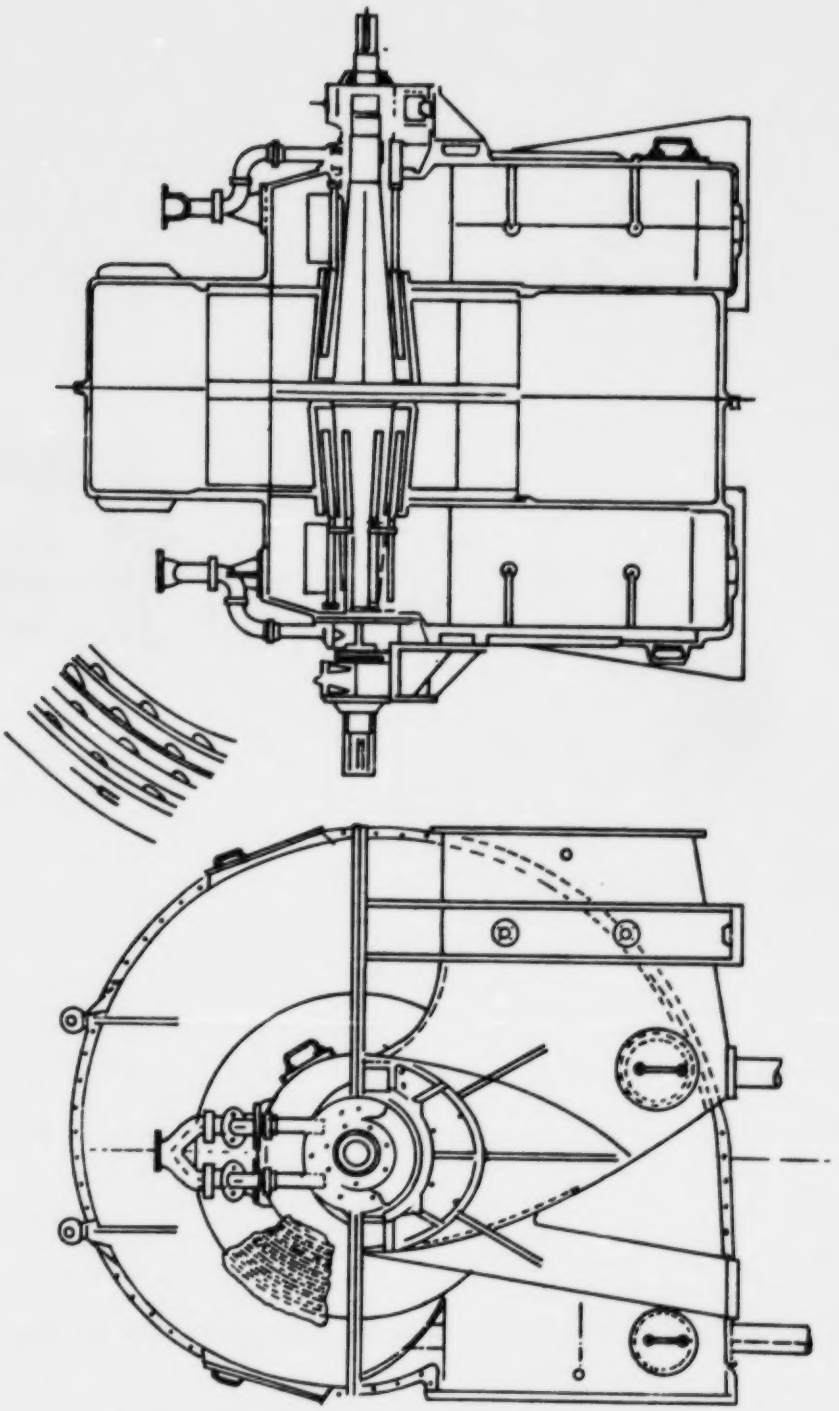
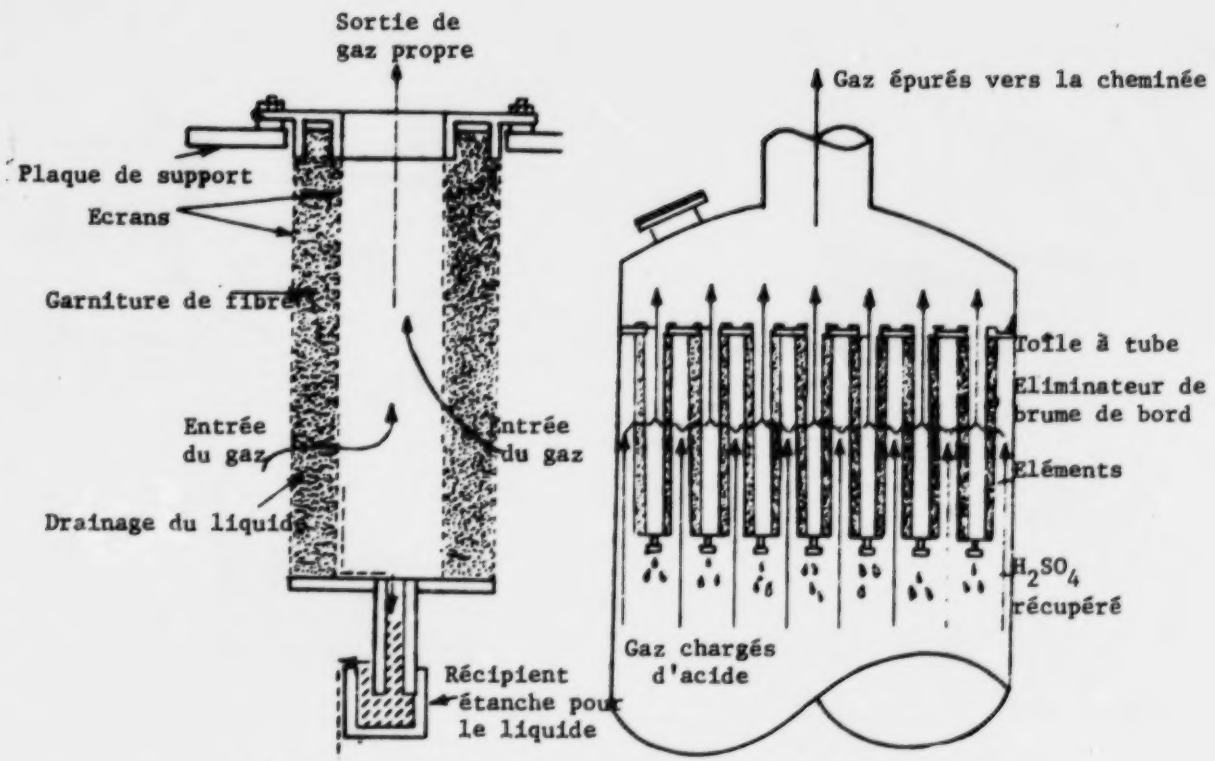


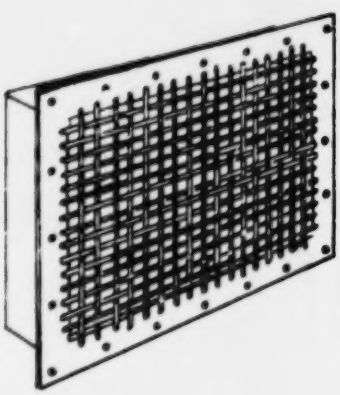
Fig. 4-34. Séparateur à désintégrateur radial.



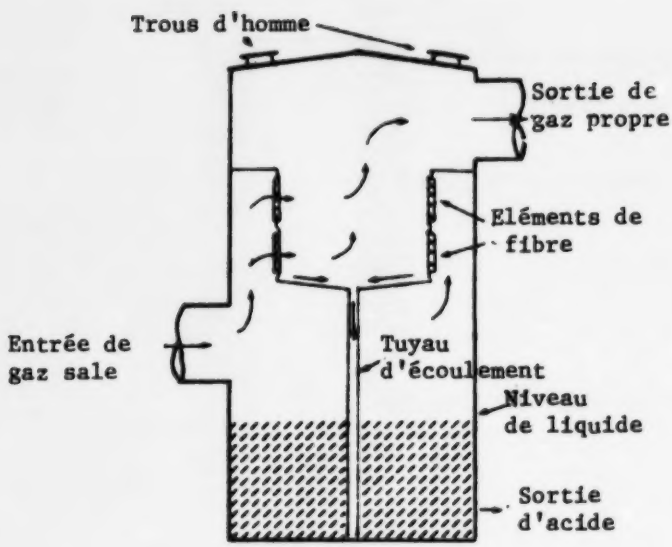
a. Elément filtrant à faible vitesse

b. Eléments filtrant à faible vitesse et à montage multiple

Fig. 4-35. Eléments filtrants à faible vitesse.



a. Elément filtrant à forte vitesse.



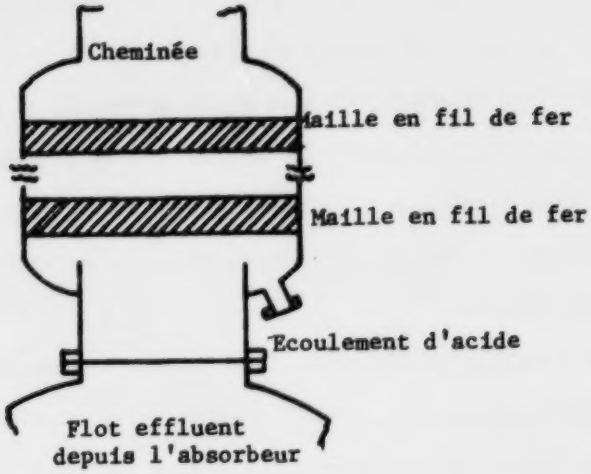
b. Eléments filtrant à forte vitesse et montage multiple.

Fig. 4-36. Eléments filtrant à forte vitesse.

des brumes d'acide sulfurique, phosphorique et nitrique et dans la séparation de l'humidité et de l'huile des gaz compressés. Des applications relativement nouvelles sont la récolte de la brume d'huile et de goudron depuis les systèmes de soufflage de l'asphalte, la récolte de phénols depuis la production de fibre de verre et de fibre minérale, la récolte de matériaux en plastique, et la récolte de solides solubles tels que $(NH_4)Cl$ et $ZnCl_2$. Les filtres disponibles sont utilisés dans la récupération des catalyseurs de platine dans la fabrication de l'acide nitrique et dans la récolte de virus et de bactéria, et des poussières radioactives et toxiques.[51]

Le filtre à maille en fil métallique possède des mailles de fil métallique traissées et espacées également, habituellement montées en couches horizontales (Fig. 4-37). Le mécanisme principal de collecte est l'action par choc tenant compte de l'inertie: les gouttelettes de brume s'élevant frappent le fil métallique, font tomber le fil vers une jonction, s'agglomèrent, et s'écoulent vers le bas de la surface de la couche, où le liquide se dégage sous forme de grosses gouttelettes pour être retourné par la force de gravité vers l'installation créant le processus.[52] Les facteurs gouvernant les vitesses admissibles du gaz comprennent la densité du gaz et du liquide, la tension superficielle, la viscosité, la surface spécifique de la couche, la charge en liquide, et la contenance en solides suspendus.[52] Les avantages des filtres à maille en fil métallique, aussi bien que des filtres en fibre, sont une efficacité d'élimination importante, une simplicité de fonctionnement, un entretient faible pour le service d'élimination de poussière, un coût initial bas, et une récupération des produits valables sans dilution.

Les éliminateurs de brume à chicane sont un des dispositifs les plus simples pour les émissions de matière en particules solides ou liquides à gros diamètre. Une variété de conceptions sont en utilisation. La Figure 4-38 montre l'arrangement de chicanes utilisé dans la réduction des émissions depuis les opérations d'extinction du coke; les chicanes fonctionnent à sec avec des périodes courtes de pulvérisation pour empêcher la formation de solides.[53] Les Figures 4-39,



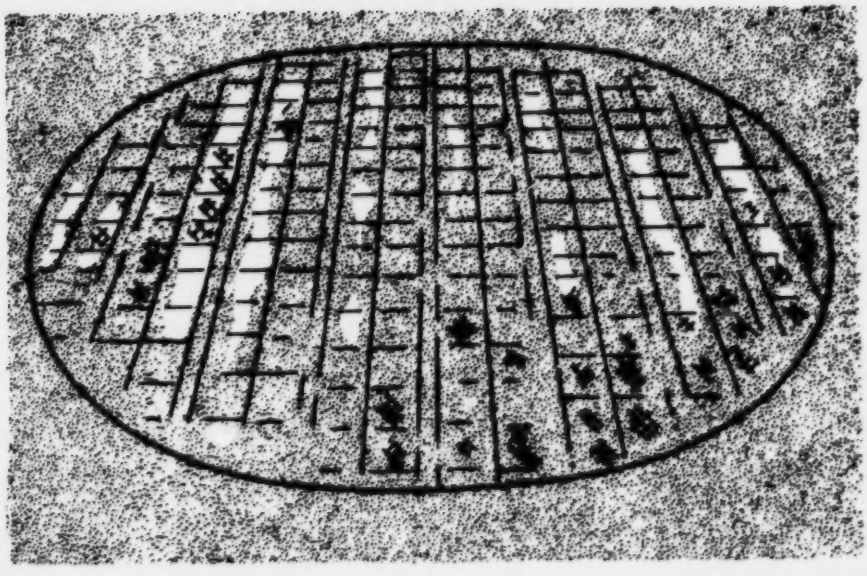
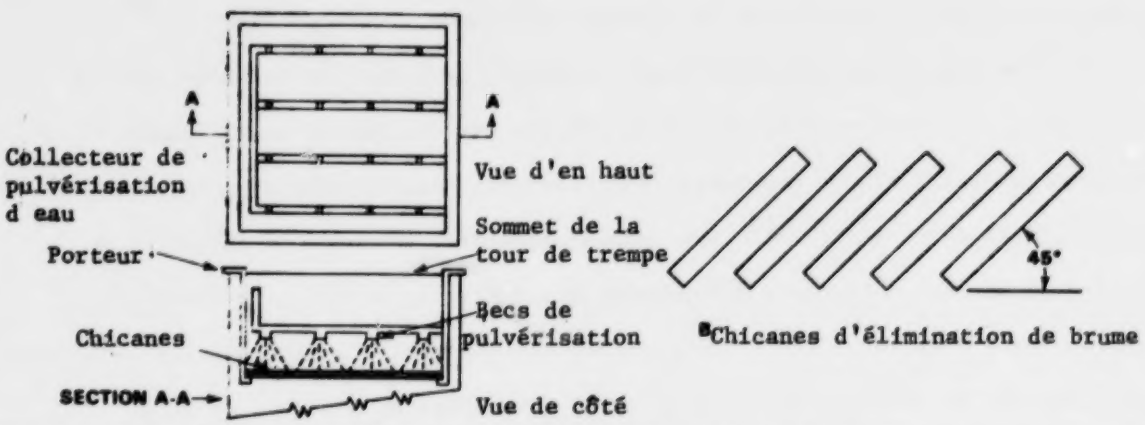


Fig. 4-37. Eliminateurs de brume à maille en fil de fer.



A. Schéma d'un système à chicane montrant de pulvérisateurs d'eau nettoyants et l'arrangement de chicanes.

Fig. 4-38. Trempage du coke, système à chicane d'élimination de brume.

4-40 et 4-41 montrent les schémas des chicanes des éliminateurs de brume utilisées dans des séparateurs à chambre de pulvérisation.[54,55]

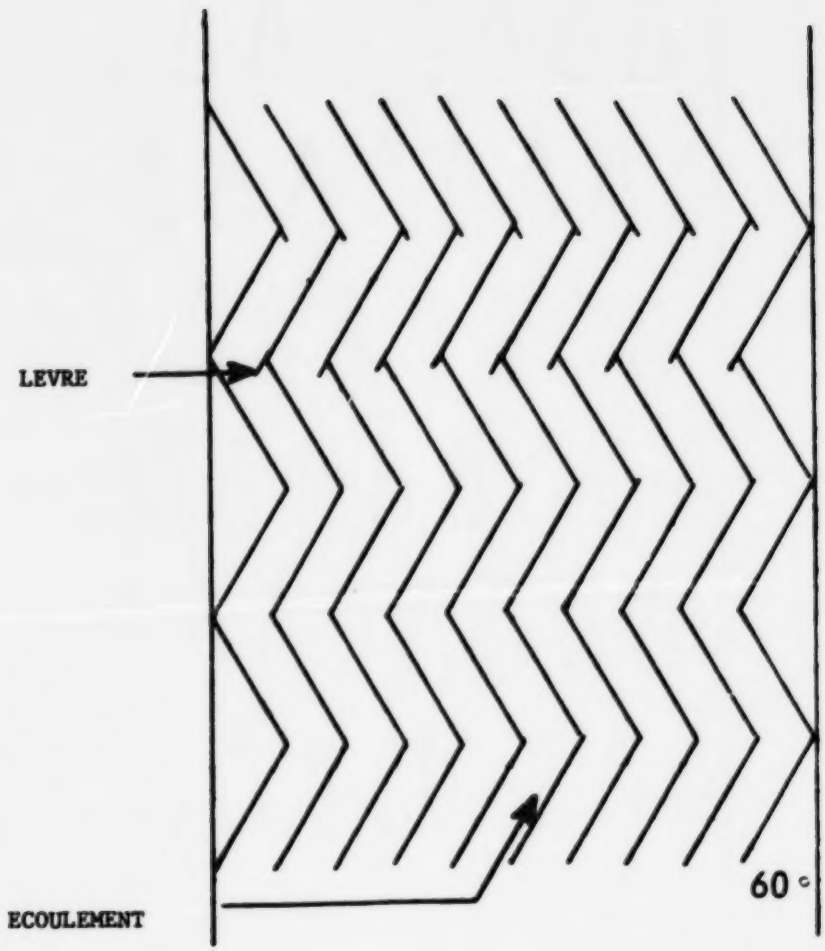
Les éliminateurs de brume de type à vanne sont quelquefois utilisés au lieu des types à chicanes. L'avantage du type à vanne sur les éliminateurs de brume à chicane est la plus large gamme d'opération pour des efficacités de récolte comparable.[56]

La Figure 4-42 montre une couche en paquet utilisée pour l'élimination de la vapeur dans une cheminée. Ce type est souvent utilisé pour l'épuration du gaz final dans la fabrication de l'acide sulfurique et phosphorique.[57-59]

La brume depuis des sclutions bouillonnantes, tels que les bains de placage et les bains décapants acides, peut être réduite par des agents humidifiants. Les types moussants et non moussants réduisent tout deux la tension superficielle et les tailles des bulles.[60-63] Les agents moussants réduisent la formation de brume en réduisant l'énergie d'échappement des bulles et en bloquant les particules de brume dans la mousse. Les produits non moussants causent de plus petites bulles et s'échappent du bain traité avec moins de violence et ainsi forment moins de particules de brume. La mousse, qui peut bloquer le gaz d'hydrogène, peut créer un risque d'incendie et doit être continuellement remplacée.

Les objets en plastique flottant, tels que des billes de polyéthylène, des tiges creuses et des cylindres sont également utilisés.[64] En tant que couvercles de réservoir et éliminateurs de brume, ils réduisent les pertes de chaleur et les besoins en ventilation. Dans un cas, 0,019 m de billes couvrant 90 pour cent de la surface des solutions d'acide sulfurique utilisées dans l'électroraffinage du cuivre, comptaient pour 90 pour cent de réduction dans les pertes d'évaporation, une réduction notable dans les taux de corrosion de la brume d'acide, et une réduction de 70 pour cent en perte de chaleur. Après une période de deux semaines, la réduction dans la perte d'alcools dénaturés (un agent ajouté) à payé pour les billes.

4.3.2 Les Facteurs Opérationnels



UNITE A PLAQUE PENCHEE A 60°

Fig. 4-39. Détails du plan d'une chicane.

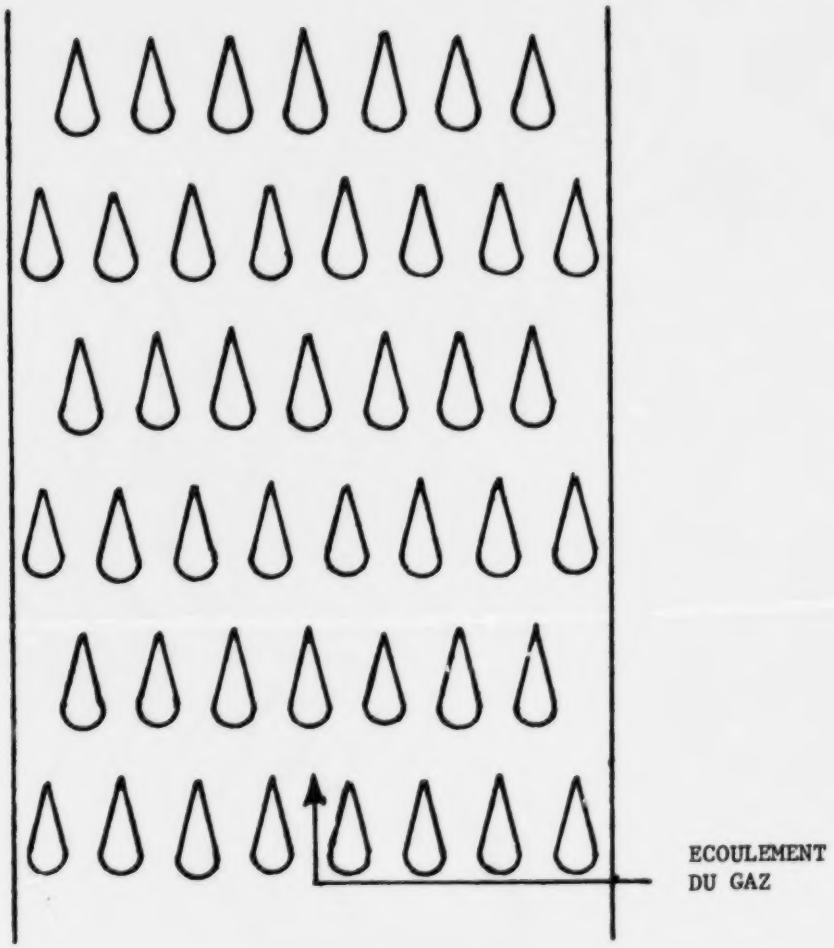


Fig. 4-40. Chicanes d'élimination de brume au fil de courant.

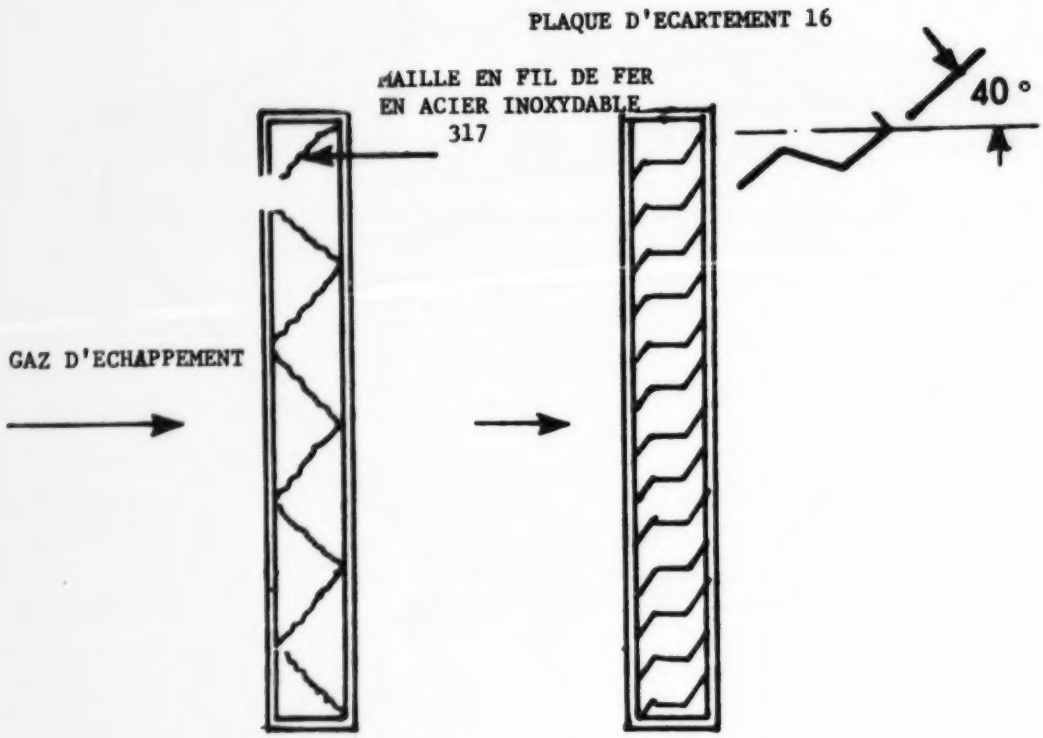


Fig. 4-41. Ecran et détails d'élimination de brume.

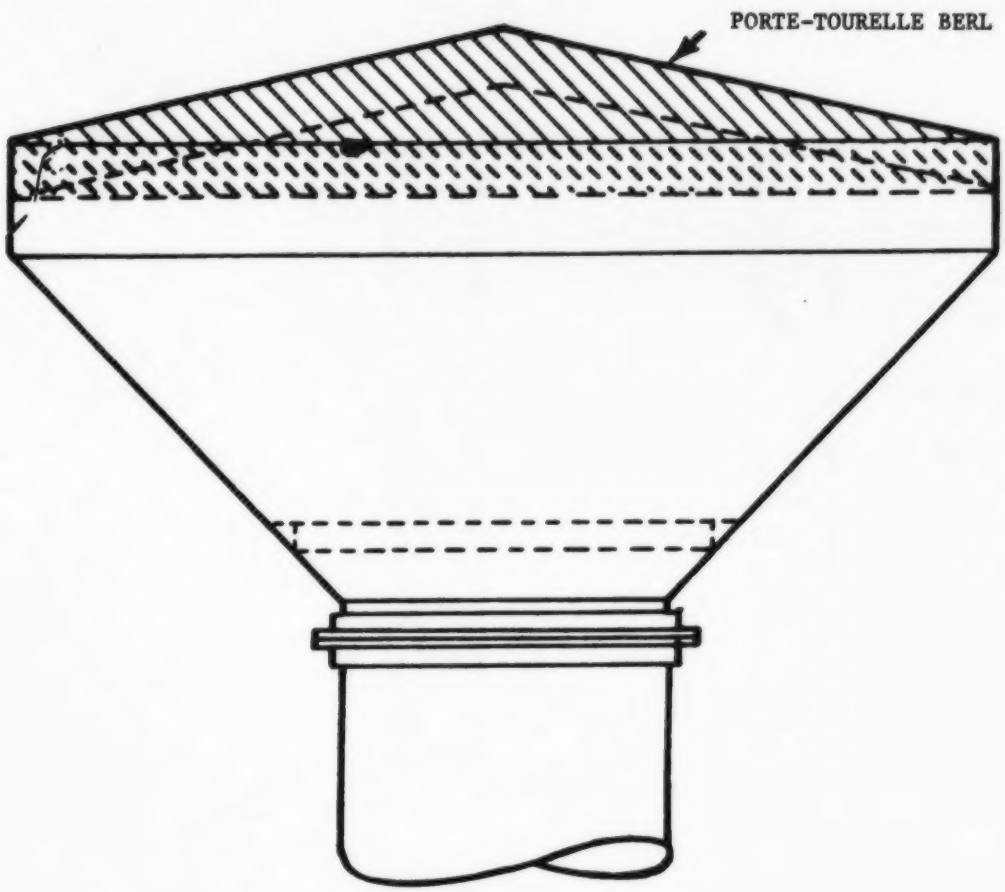


Fig. 4-42. Couche de porte-tourelle Berl ajouté à une cheminée de décharge.

Dans la sélection d'un séparateur par voie humide, l'usage de l'eau et l'élimination des déchets peuvent être les facteurs critiques. La distribution en taille des particules dans l'eau schlammeuse, la valeur de récupération, l'effet corrosif des solutions du séparateur, et les matériaux de construction sont des facteurs importants. L'équipement pour le traitement de l'eau et l'élimination des déchets est discuté plus bas. Les paramètres de fonctionnement normal pour des collecteurs par voie humide sont montrés au Tableau 4-10.

Des réservoirs et des bassins de décantation peuvent être appliqués aux décharges du séparateur contenant des matières solides en particules. La taille du réservoir et du bassin peut être déterminée par test de laboratoire,[76] mais les techniques de sédimentation sont habituellement limitées soit aux particules plus grosses que 1 mμ ou aux particules qui précipitent facilement. Les avantages sont que les déchets solides peuvent être traitées chimiquement et réutilisées, les coûts de fonctionnement sont bas, et les solides abrasifs peuvent être manipulés. Les désavantages sont qu'une grande surface est requise pour la décantation des petites particules, la contamination des eaux souterraines depuis les bassins est possible, et une évaporation naturelle se produit.

Le traitement de l'eau schlammeuse par filtration continuelle est appliqué quand les solides ont soit une valeur de récupération ou sont poreux et incompressibles.[77] Les avantages sont des déchets qui ne contiennent pas d'eau et des demandes en espace modéré. Les désavantages sont l'important coût initial, le relativement important entretient et les coûts de fonctionnement.

Une centrifugation continuelle peut être appliquée aux eaux schlammeuses ayant des particules au dessus d'un micron, cette centrifugation ayant des efficacités de collecte relativement importantes.[78] Les avantages sont les demandes d'un espace restreint et la grande variété de plans pour des besoins spéciaux. Les désavantages sont l'important capital, les coûts de fonctionnement et la possibilité d'abrasion et de corrosion.

Le cyclone à voie humide a été utilisé pour concentrer les solides. Les

Tableau 4-10. - PARAMETRES D'OPERATION NORMALES POUR LES COLLECTEURS A VOIE HUMIDE

Type de collecteur	Paramètre		Commentaires
	Chute de pression, N/m^3	Demande en eau, $m^3/1000\ m^3$ gaz	
Dispositifs utilisant l'énergie d'un courant liquide			
Chambre à pulvérisation ouverte	<248,8	0,67-2,68	Besoin de grand espace; faible efficacité d'épuration pour les particules de poussière de 1 à 2 mμ; récolte habituellement limitée aux particules de 10 mμ ou plus grosses.
Filtre irrigué humide	49,8-748*	1,07-1,34	Vitesse de gaz de 1,02 à 1,53 m/s; l'épaisseur de la couche, de 0,0254 à 0,102 m, dépend du besoin du séparateur.[35]
Séparateur à couche fixe:			
Ecoulement transversale	49,8-124,4	0,13-0,54	L'efficacité de récolte ≥ 90% pour les particules ≥ 2 mμ avec charge en poussière allant jusqu'à 11,4 g/m^3;[65] de plus importante charge si la poussière est facilement soluble.
Contre-courant	124,4-248,8[38]	1,34-2,68	- - -
Parallèle au courant	1-4	0,94-2,02	- - -
Séparateur à couche fluidifiée:			
Couche noyée	966-1 490	0,268-0,34	L'efficacité d'élimination, 99% pour les particules ≥ 2 mμ; recircule le liquide avec une contenance importante en solide; élimine la charge en poussière jusqu'à 91,2 g/m^3; contrôle la vapeur acide, le noir de fumée, les frittes de céramique, le gaz de chlorant final, le gaz de cubillot, et la poussière de ferite.[66]
Bille flottante	1 490-1 990[66]	- - -	L'efficacité de collecte > 99% pour les particules ≥ 2mμ;[66] la capacité d'élimination du liquide et de la poussière est comparable à celle du séparateur à couche noyée.[39]
Séparateur venturi à jet	- - -	2,68-6,7	Besoin en énergie, 1 580 à 7 900 $w/m^3/s$.

*Pour une couche de 0,102 m, dépendant du chargement en gaz, en liquide, et de la densité de la fibre.[35]

Tableau 4-10. - PARAMETRES D'OPERATION NORMALES POUR LES COLLECTEURS A VOIE HUMIDE (suite)

Type de collecteur	Paramètre		Commentaires
	Chute de pression, N/m^3	Demande en eau, $m^3/1000\ m^3$ gaz	
Dispositifs utilisant de l'énérgie de jet gazeux			
Cyclone humide: Tangentiel	324-748[49,67]	0,67-2,02	Meilleur récolte par pulvérisation d'eau en contre-courant de l'écoulement du gaz dans la conduite d'entrée; efficacité d'élimination jusqu'à 96% pour les particules de 2 mμ et 3 mμ.[67]
Ecoulement axial	- - -	- - -	Pour un nettoyage final après séchoir par pulvérisation, grilleur, refroidisseur, broyeur, classifier et cubillot.
Pulvérisation à induction automatique	498-3 740	0,13	Vitesse de choc, 37 à 55 m/s;[67,68] avantage majeur--possibilité de manipuler de fortes concentrations de poussière et de scories concentrées.
Séparateur venturi	- - -	0,67-0,94	Vitesse du gaz dans le col, 61 à 183 m/s.[69]
Disque noyé	1 490-17 400	0,13	Taux de récirculation de l'eau $\approx 0,67\ m^3/1\ 000\ m^3$ de gaz
Séparateur venturi vertical	- - -	0,13-0,40	- - -
Dispositifs qui ajoutent de l'énergie mécaniquement			
Séparateur de plaque de choc	249-1 990[49]	0,40-0,67[49]	Efficacité totale pour plaque unique, 90 à 98% pour des particules $\geq$ 1 mμ.[49]
Pulvérisateur induit mécaniquement	- - -	0,54-0,67[70]	Demande en énergie, de 80 à 267 w/m^3.[70]
Séparateur à ventilateur centrifuge	1 620-2 240	0,101-0,201[71]	Demande en énergie de 1 580 à 3 160 $w/m^3/s$.[71]
Séparateur à gaz à ventilateur axial	1 245	- - -	Capacité d'élimination de l'humidité de la section éliminateur, sensible à la charge dans le taux de l'écoulement du gaz; efficacité moyenne d'élimination > 99% pour les particules de 5 à 10 mμ.[72]

Tableau 4-10. - PARAMETRES D'OPERATION NORMALES POUR LES COLLECTEURS A VOIE HUMIDE (suite)

Type de collecteur	Paramètre		Commentaires
	Chute de pression, N/m^2	Demande en eau, $m^3/1000\ m^3$ gaz	
Dispositifs qui ajoutent de l'énergie mécaniquement (suite)			
Séparateur désintégrateur	- - -	0,54-1,21	Demande en énergie, 11,1 à 17,4 $kw/m^3/s$; efficacité ≈ 95% pour des particules de 1-mμ; éprouvé par l'augmentation soit du débit d'eau ou du nombre de stator et de barres de rotor; l'efficacité est indépendante de chargement de poussière; concentration de sortie de la poussière ≥ 9 mg/m^3.[73]
Eliminateurs de brume			
Faible vitesse (0,026-0,153 m/s)	1 245-3 740[74]	- - -	Efficacité de récolte > 99% pour des particules < 3 mμ; augmenterait si le séparateur opérait au dessus de la capacité prévue.[74]
Vitesse élevée (2,04-2,55 m/s)	1 245-2490[75]	- - -	Efficacité, 85 à 97% pour des particules de 1 à 3 mμ.[75]
Maille en fil de fer	<249	- - -	Vitesse du gaz, 3,05 à 4,57 m/s; développement récent, filtration à énergie puissante, avec chute de pression de 8 710 à 9 960 N/m^2.
Chicane	- - -	- - -	85 à 90% de réduction pour des particules de 70 à 1 000 mμ à une vitesse de gaz atteignant jusqu'à 10,9 m/s; réduction signifiante dans la tombée de gouttelettes d'eau
Filtre en tissu	249-498	- - -	Efficacité d'élimination jusqu'à 95% pour 40 mμ, gouttelettes de pulvérisation, jusqu'à du vitesse du gaz de 7,6 m/s; une vitesse >7,6 m/s cause un réentraînement de gouttelettes.
Type à van	25-498	- - -	Opération, 3,05 à 15,2 m/s; efficacité de récolte ≤99% pour des particules de 11 mμ.
Couche garnie	- - -	- - -	Efficacité d'élimination ≤ 65% à une vitesse de gaz de 2,13 à 3,05 m/s; réentraînement de la brume à une vitesse plus importante et écoulement de gaz turbulent.

avantages sont le coût initial bas, les besoins peu importants en entretient, la possibilité à manipuler les solides abrasifs, et les besoins faibles en espace. Les désavantages sont la production d'un débordement avec les solides importants et les besoins relativement importants en énergie.[79]

Le traitement chimique des déchets liquides comprend l'utilisation de chlore, de chaux, de cendre de soude, de gaz carbonique, d'ammoniaque, d'inhibiteurs corrosifs, de coagulants et/ou de fours pit à castine.[80-89]

4.3.3 Applications Types

Les applications types de séparateurs par voie humide sont résumées au Tableau 4-11.

4.4 LES DEPOUSSIEREURS ELECTROSTATIQUES DE HAUT VOLTAGE

Les dépoussiéreurs électrostatiques de haut voltage sont normallement utilisés quand la plupart des particules qui doivent être recueillies sont plus petites que 20 mμ. Pour beaucoup d'opérations, ils sont les seuls dispositifs de contrôle à efficacité importante prouvés disponibles. Une étude détaillée des dépoussiéreurs électrostatiques a été complétée par le Southern Research Institute.[90]

La séparation des matières en particules suspendues depuis le courant d'un gaz par un dépoussiéreur électrostatique à haut voltage demande trois étapes:

1. Le chargement électrique de la matière suspendue.
2. La récolte de la matière chargée sur une surface reliée à la terre.
3. L'élimination de la matière vers un receptacle externe.

Une charge peut être donnée avant que les particules ne pénètrent le dépoussiéreur par ionization à la flamme ou friction; néanmoins, le volume de la charge est appliqué quand ils passent dans une couronne lumineuse de haut voltage et à courant direct.[91] Une fraction de seconde après un bombardement intense avec des ions négatifs depuis une électrode à haut voltage, les particules les plus fortement chargées migrent vers une surface de récolte reliée à la terre. Après le dépôt sur la surface, des forces primaires électriques adhésives et cohésives doivent être suffisantes pour résister à toute action d'un courant de

Tableau 4-11. - APPLICATION INDUSTRIELLE TYPE DE SEPARATEURS A VOIE HUMIDE

Type de séparateur	Application type
Chambres de pulvérisation	Nettoyage de poussière, revêtement électrolytique, engrais au phosphate, pâte à papier, réduction de fumée.
Tour de pulvérisation	Pré-refroidisseur, haut fourneau à gaz.
Centrifuge	Séchoir à pulvérisation, grilleur, broyeur, appareil classeur, processus à couche liquide, pâte à papier, cendre volante.
Plaque de choc	Cubillot, séchoir, four, engrais, gaz brûlé.
Venturi: Col venturi Disque noyé Jet multiple	Charbon pulvérisé, produit abrasif, four rotatif, fonderie, gaz brûlé, gaz de cubillot, engrais, four à chaux, grilleur, traitement du dioxyde de titanium, contrôle de l'odeur, fabrication de l'acier à oxygène, gaz de four à coke, cendre volante.
Jet venturi	Fabrication d'engrais, contrôle de l'odeur, contrôle de la fumée.
Venturi vertical	Charbon pulvérisé, fabrication d'abrasif.
Couche compacte: Calibrée Noyée	Fabrication d'engrais, relèvement, décapage à l'acide. Vapeur acide, inoculation d'aluminium, fonderie, installation à asphalte, déchets atomiques, noir de fumée, fritte de céramique, gaz final de chlore, fabrication de pigment, gaz de cubillot, séchoir, ferrite, engrais.
Bille (flottant) fluide	Pâte à papier, acier à oxygène basique, engrais, réduction du minérais d'aluminium, fonderie d'aluminium, cendre volante, fabrication de l'asphalte.
Pulvérisation induite automatiquement	Exploitation de la houille, poussière explosive d'exploitation de la houille, conditionnement de l'air, incinérateur.
Pulvérisation induite mécaniquement	Fonderie de fer, cubillot, fumée, contrôle de fumée chimique, pulvérisation de peinture.
Désintégrateur	Haut fourneau au gaz.
Ventilateur centrifuge, ventilateur en ligne	Exploitation de métal, traîtement du charbon, fonderie, produits alimentaires, produits pharmaceutiques.
Filtres humidifiés	Revêtement électrolytique, décapage d'acide, conditionnement de poussière, poussière légère.
Poussière, éliminateur de brume: Filtres en fibre	Brume d'acide sulfurique, phosphorique et nitrique; séparateur d'humidité, ventilation domestique; poussière radioactive et toxique, brume d'huile, matière organique condensée, solide soluble.
Maille en fil	Brume d'acide sulfurique, phosphorique et nitrique; distillation et absorption.
Chicanes	Trempage du coke, fabrication de pâte à papier, revêtement.
Couches compactes	Fabrication d'acide sulfurique et phosphorique, tour à pulvérisation à électro-revêtement.

gaz, et des forces électriques sécondaires causeraient le réentraînement des particules. Les matières en particules sont délogées de la surface de récolte en vibrant les avertisseurs par signaux ou en étant éliminées avec des liquides; les liquides s'écoulant librement sont éliminés par la gravité.

4.4.1 Description de l'Equipement

Deux configurations majeures d'un dépoussiéreur électrostatique de haut voltage, celle à surface plate et celle à tube, sont montrées aux Figs. 4-43 et 4-44. Une plus ample information sur les plans du dépoussiéreur est proposée dans l'étude subventionnelle par l'EPA sur les systèmes de dépoussiéreur électrostatique.[90]

La distribution uniforme de l'écoulement est un facteur important du plan. Des plaques perforées et des vannes dans la conduite d'entrée et de sortie aident à produire cette distribution uniforme. Quand il est nécessaire d'installer des courbures et des coudes près de l'entrée et de la sortie, il est utile de tourner les vannes.

Des murs en forme de cône sont déversés pour permettre un écoulement libre du matériel collecte. Quand les matériaux se collent ou forment un pont, les vibrateurs ou les avertisseurs par signaux peuvent être attachés à des positions stratégiques. Le système de décharge par cône devrait réduire la fuite en gaz dans ou à l'extérieur du dépoussiéreur pour empêcher le réentraînement des matières en particules collectées.

Une dépoussiéreur entretenu et fonctionnant dans les limites du plan aura un rendement en accord avec les efficacités prévues ou au dessus de celles-ci tout le long de sa période de service. Une perte d'efficacité est communément causée par une surcharge, un changement de procédé, ou un entretient inadéquat. L'augmentation de chargement ou du procédé des écoulements du gaz sans adjonction aux sections du dépoussiéreur réduit l'efficacité; les charges en matériels brutes, les produits, les carburants et les conditions du courant du gaz peuvent conduire à un faible rendement. Si ces possibilités sont anticipées dans la conception originale, la perte en efficacité peut souvent être éliminée.

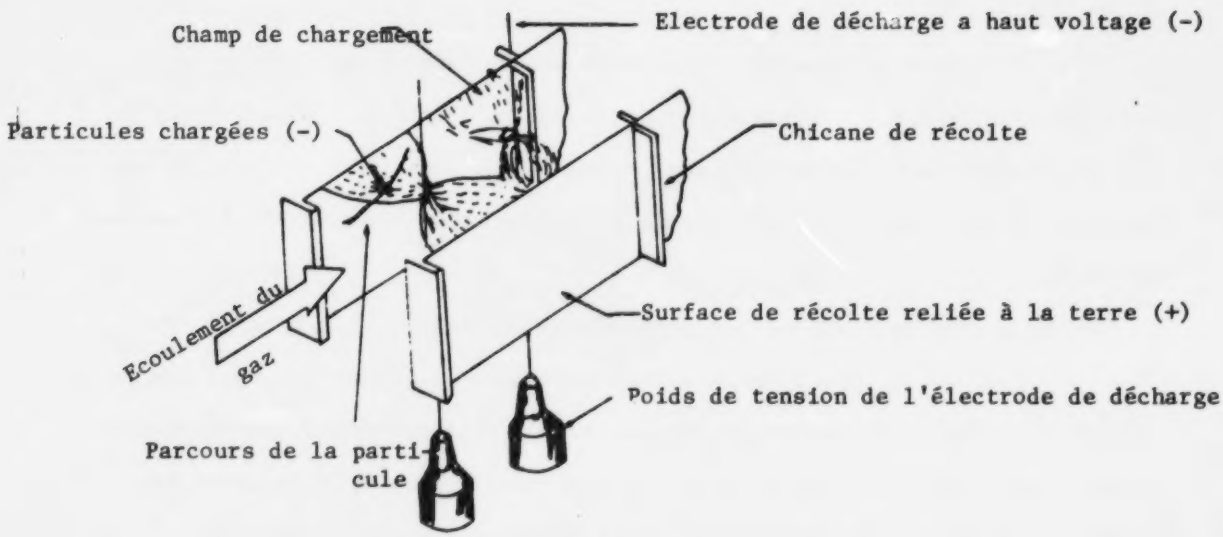


Fig. 4-43. Vue schématique d'un dépoussiéreur électrostatique de type à surface plate.

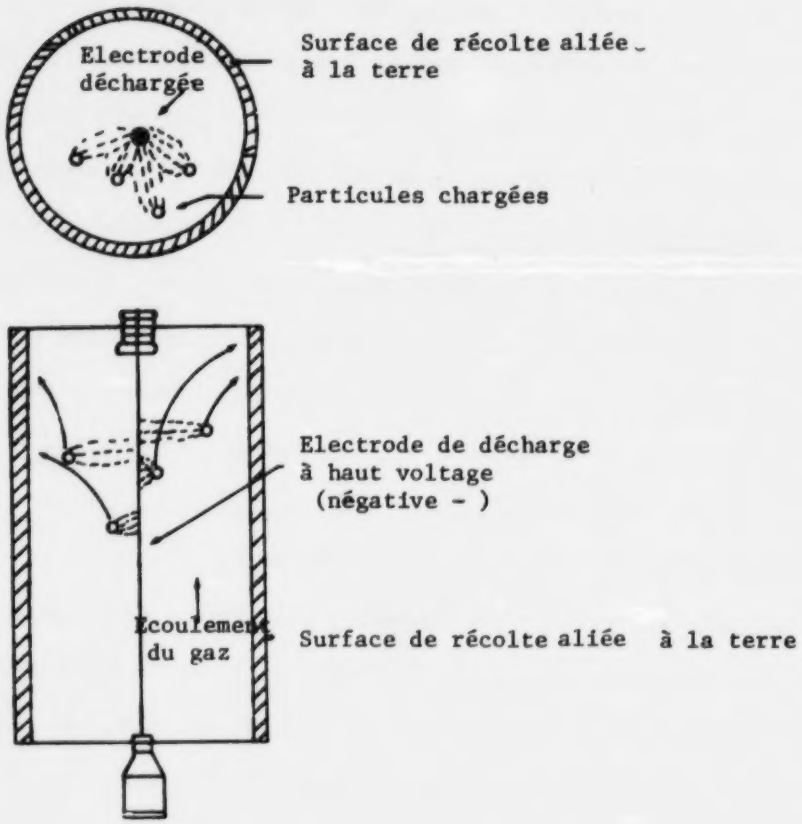


Fig. 4-44. Vue schématique d'un dépoussiéreur électrostatique de type à surface tubulaire.

Des changements de procédé ou des changements dans les besoins de contrôle de la pollution de l'air peuvent être rendus nécessaires pour éprouver l'efficacité. Changer le voltage ou l'alimentation en énergie, augmenter le nombre de sections à haut voltage, et installer un contrôle de puissance automatique en conjonction avec l'augmentation du nombre des sections peuvent améliorer le rendement. Parfois, l'efficacité peut être améliorée suffisamment en distribuant l'écoulement plus uniformément ou en modifiant les systèmes de manipulation du matériel. Changer la température du courant du gaz ou injecter d'autres matériaux dans le courant du gaz peuvent améliorer l'efficacité,[92,93] mais quand des matériaux étrangers sont injectés, les aspects de la pollution de l'air doivent être considérés.

Il n'est pas toujours possible d'anticiper les changements dans des propriétés des matières en particules et le courant du gaz. Il est donc important que le rendement du collecteur soit contrôlé fréquemment en prélevant des échantillonages des gaz d'entrée et de sortie. Quand l'inspection et l'entretient marquent de porter le rendement dans les limites du plan (et alors la surcharge n'est pas un facteur), la cause est habituellement applicable aux changements dans les propriétés des matières en particules ou du courant du gaz.

La Figure 4-45 dépeint une unité chauffée au charbon pulvérisé qui est type des systèmes plus vieux--le pré-épurateur mécanique (cyclone multiple) et le dépoussiéreur électrostatique sont en aval du radiateur à air. Il est quelquefois préférable de localiser le dépoussiéreur en amount du radiateur à air, mais à une température du gaz brûlé plus importante, des volumes plus gros de gaz doivent être manipulés et une capacité supplémentaire doit être nécessaire.

Une modification de plan récente introduite sous la forme d'un dispositif à ajouter aux installations existantes correspond à un dépoussiéreur de type à grille,[94] dans lequel le gaz d'échappement est dirigé au travers une grille de plaques perforées. Les particules chargées en poussière existant dans le dépoussiéreur conventionnel sont entraînées dans les tourbillons formées dans les sillages des parties solides de chaque grille et précipitées de là sur les surfaces de la

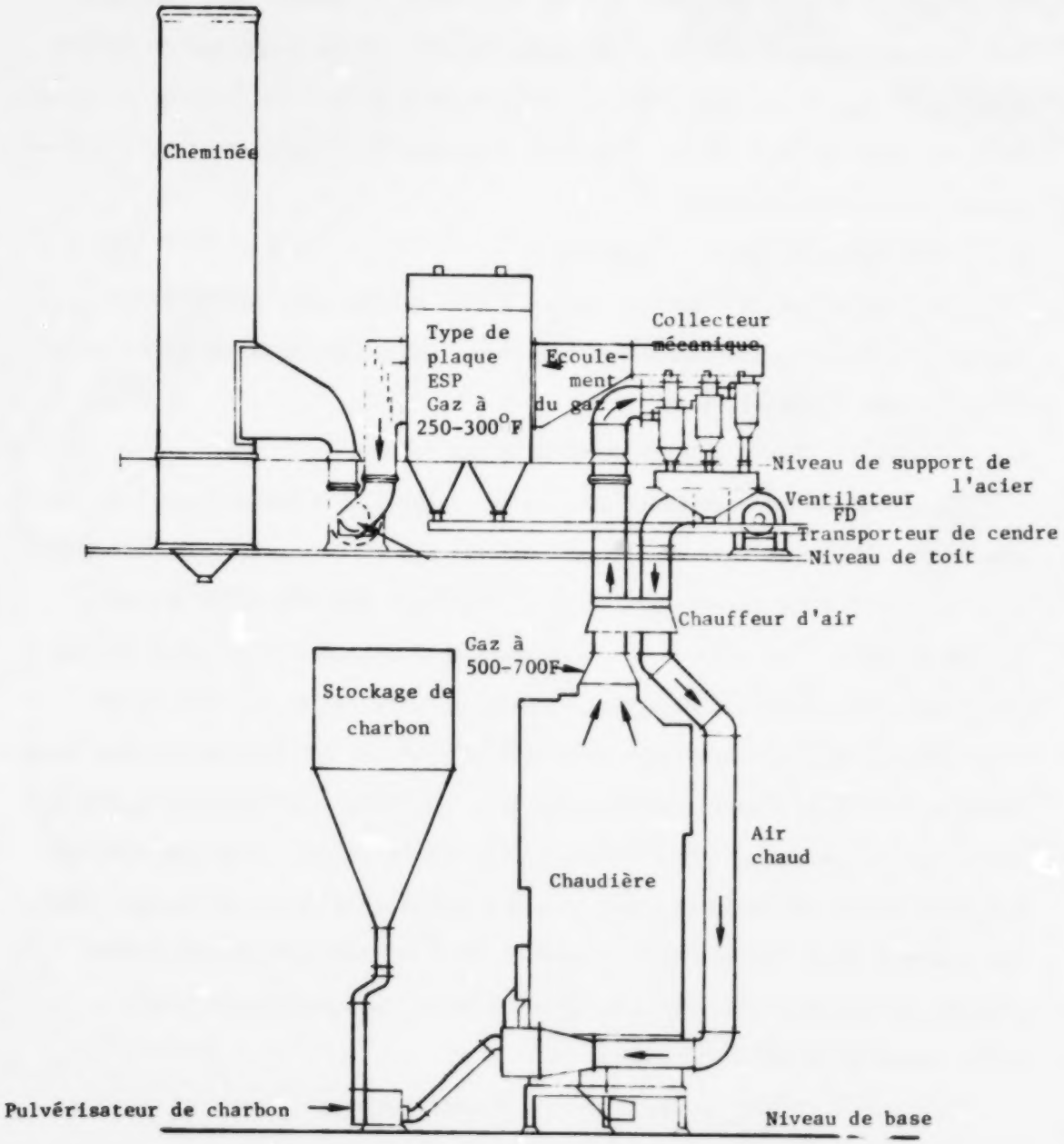


Fig. 4-45. Dépoussiéreur électrostatique installé après un radiateur à air dans un système régénérateur d'un centrale à vapeur.

grille par l'action du champ électrique.

4.4.2 Facteurs Opérationnels

Les volumes du gaz pour les dépoussiéreurs électrostatiques à haut voltage varient normallement de 23,6 à 943,8 m^3/s à des vitesses de 0,91 à 4,57 m/s. Les pressions de fonctionnement varient légèrement en dessous de la pression atmosphérique jusqu'à 1,03 MN/m^2 manomètre étalon, et les températures varient normalement depuis la température ambiante jusqu'à 672 K. Les besoins en tension de pointe sont de 30 à 100 kV, dépendant largement de l'emplacement des électrodes et des surfaces de collecte.

4.4.3 Applications Types

Les dépoussiéreurs électrostatiques à haut voltage sont utilisés pour collecter des particules solides et liquides. Les différentes applications se trouvent dans le Tableau 4-12.

4.5 LES DEPOUSSIEREURS ELECTROSTATIQUES A BAS VOLTAGE

Le dépoussiéreur électrostatique à deux étages et à bas voltage (également appellé dépoussiéreur à air conditionné ou filtre à air électronique) est utilisé pour le contrôle des particules liquides finalement divisées qu'il drainera facilement depuis les plaques du collecteur. Les dépoussiéreurs à bas voltage ne peuvent pas contrôler les matériaux solides ou collants; ils sont moins effectifs si les concentrations excèdent 0,91 g/m^3, et n'éliminent pas les vapeurs. Parce qu'il y a un nombre limité de manières d'éliminer les matériaux collectés depuis un dépoussiéreur à deux étages, l'équipement en est réduit aux systèmes à basses charges de poussière dans lesquels les plaques de recueillement n'ont pas besoin d'être nettoyées fréquemment. Ces restrictions limitent l'usage répandu de ces dépoussiéreurs dans le contrôle de la pollution de l'air.

4.5.1 Description de l'Equipement

La caractéristique du dépoussiéreur à deux étages et à bas voltage (Fig. 4-46) qui le distingue d'une unité à haut voltage est la zône ionisée localisée en avant des plaques de récolte.[95] Dans le premier étage, ou la zône d'ionisation,

Tableau 4-12. - LES APPLICATIONS DES DEPOUSSIEREURS ELECTRO-STATIQUES A HAUT VOLTAGE[90]

Zône d'application	Charge en poussière, g/m^3	Taille de particule, mμ	Température du gaz, K
Centrale électrique	5,56-15,95	3-15	422-533
Pâte et papier	2,28-20,5	0,4-2	380-464
Fer et acier:			
Gaz de cokérie à sous produit	1,14	--	
Installations à métal sintérisé	2,28	6	394-422
Hauts fourneaux	0,11-0,69	--	294-311
Fours Martin	--	0,03-3	
Fours à oxygène basique	34,2	0,1-1,0	394-561
Fours à arc	--	<0,5	--
Cubillots	2,05-25,1	1-10	--
Produits de roche:			
Ciment Portland	6,85-114	--	422-645
Gypse	9,12-127	--	325-450
Industrie chimique:			
Acide sulfurique	0,46-5,7	2-3	300-356
Phosphore	9,12-80	--	533-589
Noir de fumée	--	0,02-0,4	--
Incinérateurs municipaux	--	15-30	--
Industrie du pétrole:			
Cracking catalytique	0,46-2,28	10-12	589-645
Dégoudronage	--	--	294-322

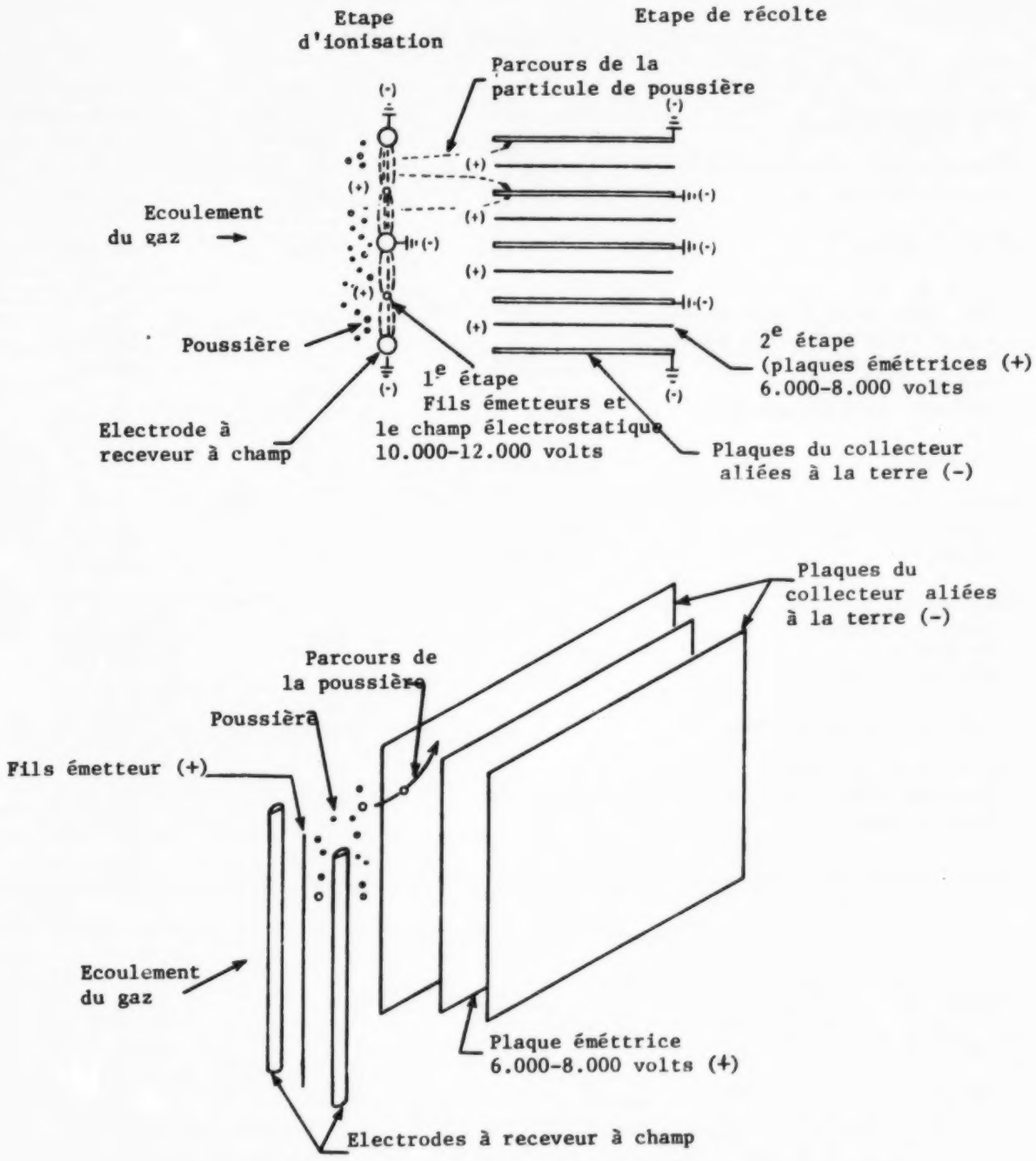


Fig. 4-46. Principe de fonctionnement d'un dépoussiéreur électrostatique à deux étapes.

il y a des séries de fils fines (177,8 mμ) chargées positivement, également espacés, localisés de 0,0254 à 0,0508 m des tubes ou des tiges de terre parallèles; entre chaque fil et tube correspondant il y a une couronne lumineuse qui charge les particules qui s'écoulent au travers de l'ioniseur. Le potentiel de courant direct utilisé par les fils est de 12 ou 13 kV.

Le seconde étage correspond à des plaques de métal parallèles généralement à moins de 0,0254 m l'une des autres. Dans certains plans, les plaques alternées sont chargées positivement et négativement, chacune à un potentiel de 6 ou 6,5 kV, afin que la différence de potentiel entre les plaques adjacents soit de 12 à 13 kV; dans d'autres plans, les plaques alternées sont chargées (6 à 13 kV) et se trouvent aliées à la terre. Ce dernier dispositif est montré à la Fig. 4-46: les particules pénètrent à gauche, reçoivent une charge positive dans l'ioniseur, et sont collectées sur les plaques négatives dans la seconde étape; les liquides sont purgés par gravité vers un récipient en dessous des plaques. Ni ébranlage ni sécousse n'est utilisé, principalement à cause de l'espacement rapproché des plaques.

L'unité de garniture montré à la Fig. 4-47 recueille la vapeur d'huile des machines à affûter.[96] Les gouttelettes d'huile s'agglomèrent sur les plaques et s'écoulent vers le bas; mais attendu que les liquides visqueux et les solides ne s'écoulent pas librement, des arrêts occasionnels pour nettoyage sont nécessaires pour empêcher la mise en arc des matériaux. Les matériaux semivisqueux peuvent être recueillis si un système de lavage adéquat est employé; la fréquence de lavage dépend du chargement d'entrée et des caractéristiques de la matière en particules collectée.

Le système montré à la Fig. 4-48 inclut un séparateur à basse pression, un éliminateur de brume, et un encoulement de revenu pour prétraîter et améliorer les pro_riétés électriques avant que les particules n'entrent dans le dépoussiéreur. Le séparateur élimine de grosses particules pour permettre des périodes de fonctionnement plus longues sans arrêt pour nettoyage; les éliminateurs de vapeur éliminent

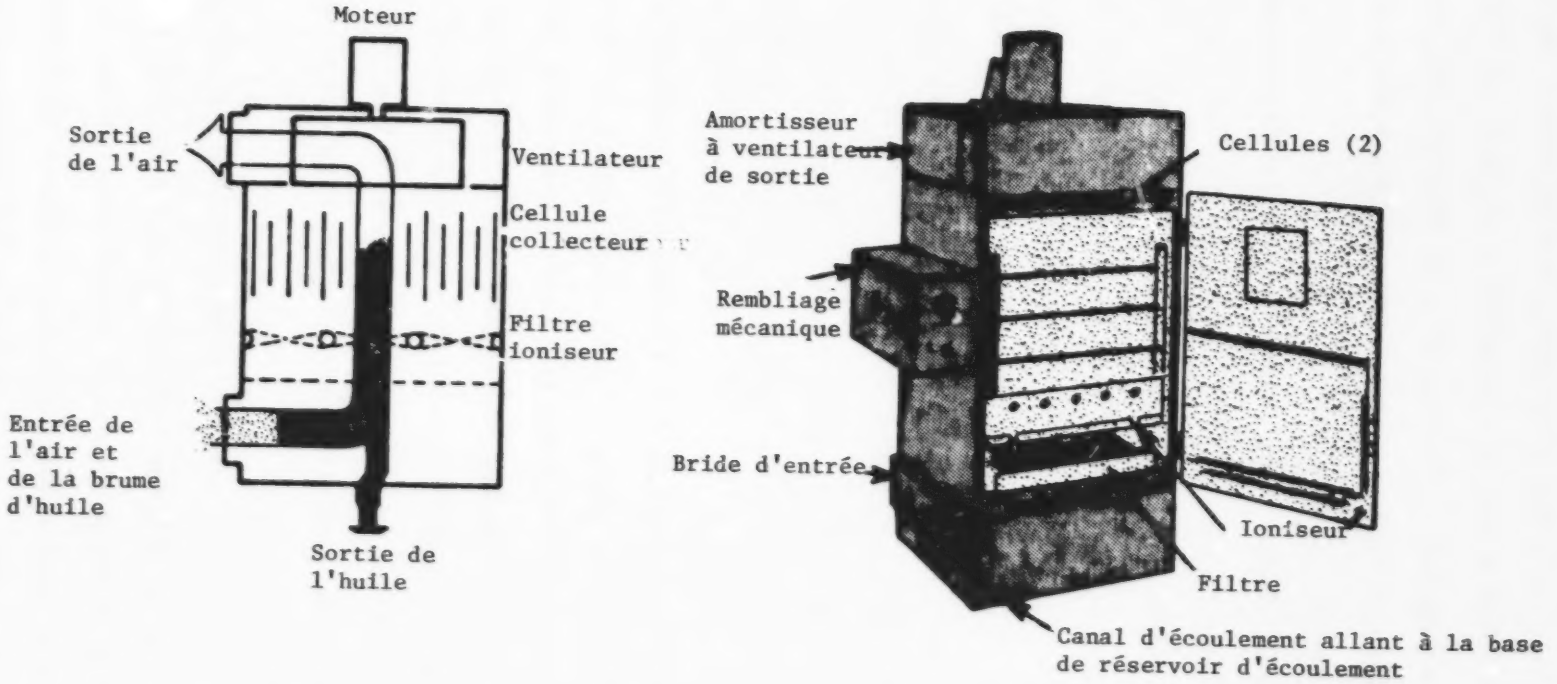


Fig. 4-47. Dépoussiéreur à deux étages utilisé dans le contrôle de la brume d'huile dans les fonctionnements d'usinage.

les gouttelettes d'eau pour prévenir leur éclatement; les serpentins de chauffage permettent la flexibilité dans l'installation d'une température optimum et de l'humidité. Pour beaucoup de matériaux, une humidité relative plus important que 50 pour cent dans le courant du gaz est bénéfique.

4.5.2 Facteurs Opérationnels

Quand un dépoussiéreur électrostatique à bas voltage est utilisé avec air conditionné, les vitesses varient entre 1,5 et 3 m/s. Néanmoins, pour le contrôle de la pollution dans laquelle les chargements en matière en particules sont importants, la vitesse du gaz superficiel dans la partie du collecteur à plaque ne devrait pas excéder 0,52 m/s. La limite supérieure pour le débit de la ligne de vapeur dans un dépoussiéreur à deux étages est de 3 m/s, mais des irrégularités mécaniques dans les unités qui sont actuellement fabriquées peuvent réduire cette limite supérieure.

L'effet de la vitesse du gaz sur l'efficacité de récolte pour plusieurs opérations industrielles est montré à la Fig. 4-49. Les efficacités de 80 pour cent et plus sont montrées pour la récolte de la brume d'huile de saturateurs à asphalte en papier et pour les applications de l'air conditionné. De 60 à 80 pour cent est possible pour des fumeries de viande à une vitesse de 0,46 m/s, mais l'efficacité décroit rapidement avec des vitesses plus fortes. Des données test pour des installations types sont montrées au Tableau 4-13.

La limite pratique de voltage pour l'ionisation dans un dépoussiéreur à bas voltage est de 18 kV; la plupart des unités fonctionnent de 10 à 13 kV. Sans une couronne de luminière entre les plaques, le débit du courant est faible (4 à 10 mA). Une énergie de 5,5 à 6,5 kV est habituellement appliquée aux plaques de recueillement, mais des potentiels atteignant jusqu'à 13 kV sont possibles. Le degré d'ionisation peut être augmenté par l'augmentation du nombre d'électrodes ionisantes--soit en réduisant l'espace ou en installant une second rangée de fils en série. Parce que un espacement diminué réduit le voltage pour empêcher l'éclatement, ceci parait être un avantage sous l'arrangement en série. La

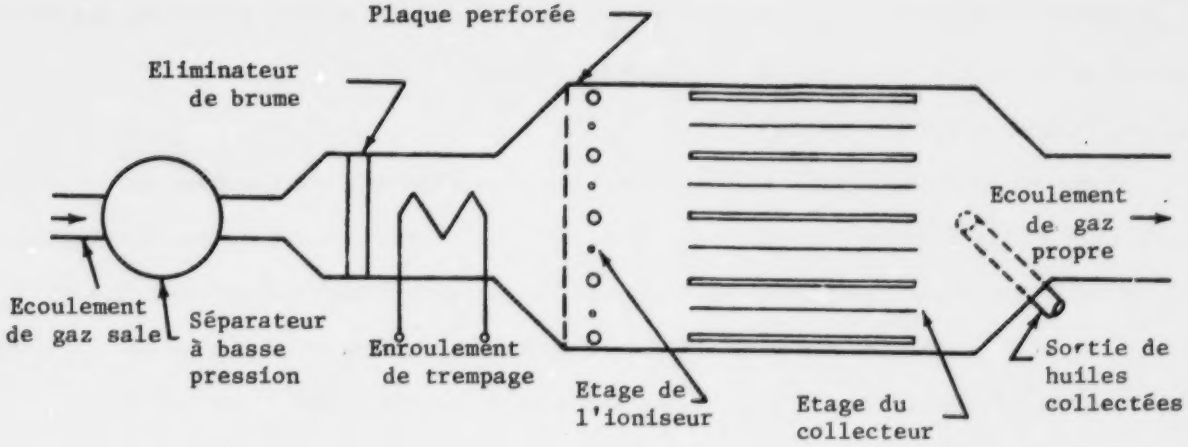


Fig. 4-48. Dépoussiéreur électrostatique à deux étages avec séparateur auxiliaire, éliminateur de brume, enroulement de trempage, et plaque de distribution du gaz (vue d'en haut).

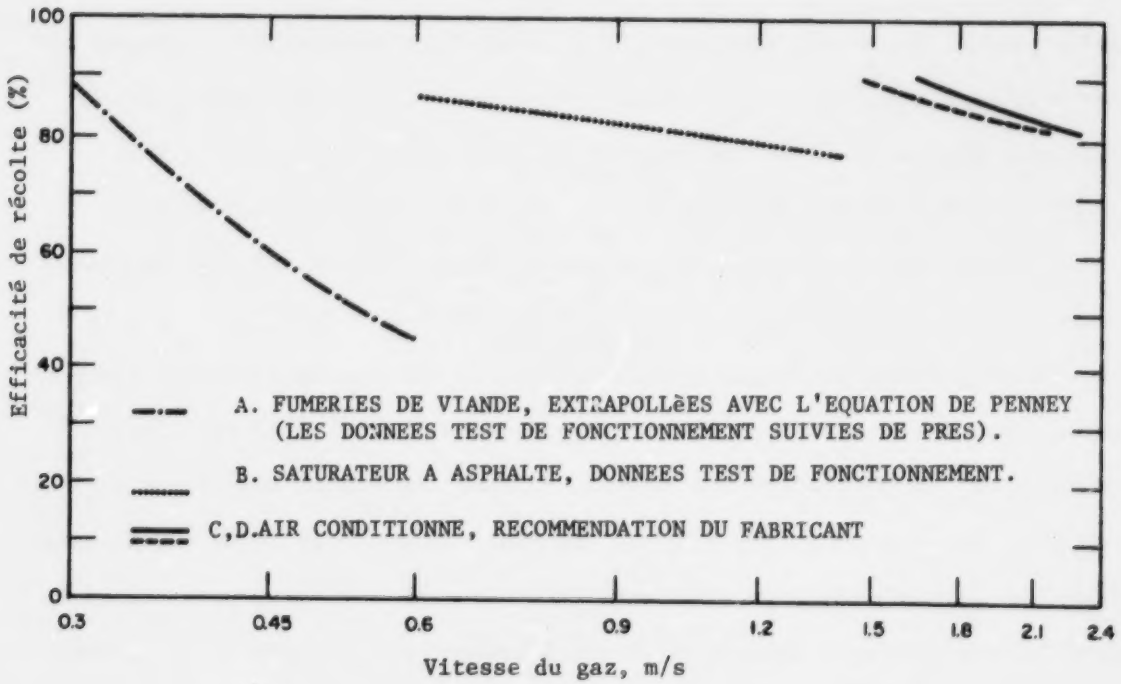


Fig. 4-49. L'efficacité d'un dépoussiéreur à deux étages en focntion de la vitesse pour plusieurs opérations industrielles.

Tableau 4-13. - FONCTIONNEMENT INDUSTRIEL DE DEPOUSSIEREURS A DEUX ETAGES[95]

Source et type de contaminante	Voltage d'ionisation, V	N° de banques ionisateurs	Voltage du collecteur, V	Efficacité, pourcentage de poids	Vitesse, m/s	Conc. d'entrée, g/m^3
Affûtage d'outil--aérosol d'huile	13 000	1	6 500	90	1,7	-----
Fumeries de la viande--fumée de bois, graisses vaporisées	13 000	2	6 500	90	0,31	0,24
Fumeries de la viande--fumée de bois, graisses vaporisées	10 000	1	5 000	50	0,26	2,73
Cuisson employant de la graisse--Aérosol de graisson de bacon	13 000	2	6 500	*	0,35	-----
Saturateur d'asphalte (carton bitumé pour toiture)--aérosol d'huile	12 000	1	6 000	85	0,74	0,88
Mélangeur de type Muller--résine de phénol-formaldéhyde	13 000	1	6 500	87	0,38	0,11

*Réduction d'opacité de 75%.

éduction d'espacement, néanmoins, diminue le coût initial et les besoins en espace.

Les dépoussiéreurs à bas voltage de plan standard pour des capacités atteignant jusqu'à 9,4 m^3/s sont fournis par les fabricants en unités préassemblées qui ne demandent que les fils externes et les connections de poussière. Le poids installé est approximativement de 390,4 kg/m^2 de la zône transversale mesurée perpendiculairement à l'écoulement du gaz, et l'écoulement de l'air est d'environ 0,51 m/s. Dans ces unités standards, les éléments collecteurs sont habituellement faits d'aluminium, et l'enveloppe est faite d'acier galvanisé avec des montures en aluminium. Là où l'épuration doit être fréquente, et même là où une corrosion légère existe, les fils de l'ioniseur devraient être fait d'acier inoxydable.

Les dépoussiéreurs installés en positions qui demandent des chargements brusques dans le débit du gaz qui précède l'unité peuvent rencontrer un écoulement turbulent inégal avec des vitesses locales importantes, qui aboutient à des efficacités faibles. Si la section droite d'au moins le diamètre de 8 conduites n'est pas valable en avant du dépoussiéreur, des moyens mécaniques doivent être utilisés pour équilibrer l'écoulement de l'air. Plusieurs types de chicanes de distribution et de vannes de tournage ont été projetées, mais des écrans en feuille de métal perforée avec environ 40 pour cent de surface ouverte sont éffectifs.

Pour assurer un rendement optimum, les pièces internes du dépoussiéreur doivent être nettoyées, et l'espacement de la plaque et du fil doit être maintenu avec des tolérances raisonnablement faibles. La fréquence du nettoyage interne dépend de l'application de l'appareil. Des chargement importants de matière en particules dans le courant du gaz et des matériaux collants sont les plus grands problèmes; par contraste, les dépoussiéreurs à deux étages peuvent fonctionner indéfiniment quand des huiles flottantes librement et relativement propres sont recueillies.

4.5.3 Applications Types

Les applications des dépoussiéreurs à bas voltage pour le contrôle de la pollution

de l'air sont développées depuis 1937, quand la première installation fut pleine de succès pour recueillir une pulvérisation excessive de céramique depuis des opérations de vernissage de pottérie. D'autres applications sont la récolte de brume d'huile depuis des machines à affûter à grande vitesse et l'épuration des gaz depuis des fritteuses utilisant de la graisse, des saturateurs d'asphalte, des fours à restauration du caoutchouc et des séchoirs à moulin à tapis.

Les machines à affûter à grande vitesse produisent de la brume depuis les huiles de taille qui doivent être canalisées depuis la zône de travail. Les unités de dépoussiéreur par paquets du type montré à la Fig. 4-47 récoltent la brume; le filtre en avant du dépoussiéreur élimine les copeaux de métal et n'importe quelles autres grosses particules. Les concentrations de solides et de goudrons sont habituellement assez faibles pour être éliminées des plaques avec les gouttelettes d'huile récoltée.

Dans la fabrication du carton bitumé pour toiture, les dépoussiéreurs électrostatiques à faible voltage éliminent les matériaux organiques de la vapeur distillée depuis l'asphalte chaud liquide. L'humidité qui se dégage du carton transporte de l'huile à partir du processus. Les huiles qui sont collectées s'écoulent facilement des plaques du dépoussiéreur électrostatique; seulement une épuration occasionnelle est demandée.

Des fumeries sont utilisées dans les établissements qui emballent la viande pour cuire et fumer une variété de produits; durant la cuisson, les produits se dégageant sont raisonnablement inoffensifs, aussi les gaz d'échappement peuvent être directement déchargés dans l'atmosphère, mais la fumée produite par la sciure de bois dur contient des aérosols liquides et odorants (pour la plupart, des produits organiques partiellement oxydés), des gaz irritants pour les yeux et des vapeurs. Les dépoussiéreurs à deux étages, utilisés avec un succès limité pour le contrôle des aérosols visibles provenant des fumeries, utilisent le plan de la Fig. 4-48 avec un séparateur, un éliminateur de brume, et un enroulement de revenu. Sous un fonctionnement optimum, ces unités réduisent les émissions

(goudrons et gommes) jusqu'à 10 pour cent d'opacité, mais l'entretient est un problème et les gaz d'échappement restent odorants et lacrimogènes. Quand l'unité est chaude (322 à 356 K), au moins quelques-uns des goudrons sont entraînés depuis les plaques. Si les plaques ne sont pas nettoyées régulièrement, la mise en arc des matériaux se produit dans la section du dépoussiéreur, particulèrement près des côtés les plus bas des plaques.

Les dépoussiéreurs à deux étages offrent la promesse d'un contrôle d'un coût peu élevé pour les brumes d'huile produite par des opérations telles que la restauration du caoutchouc et le séchage par moulin des tapis. Il est concevable que ces dispositifs peuvent être utilisés là où les autres considérations, telles que les odeurs et les produits irritants pour les yeux, ne sont pas des problèmes.

4.6 LES FILTRES EN TISSU

4.6.1 Principes Théoriques

Un des plus vieux et des plus effictifs dispositifs pour éliminer les contaminants en particules depuis les courants de gaz est la filtration au travers de tissu.[97] Le filtre en tissu est capable d'une importante efficacité de récolte pour des particules aussi petites que 0,01 mμ.[98]

Quand le gaz chargé de poussière est passé au travers d'un filtre en tissu, les particules sont retenues en amont ou sur le côté du tissu au gaz sale, et le gaz passe au travers de celui-ci en aval ou au côté où le gaz est propre. La poussière est éliminée du tissu par gravité et par des moyens mécaniques.[99,100]

4.6.1.1 Les Mécanismes de Filtration--Les matières quittent le courant d'air ou de gaz en heurtant ou en adhérant aux filtres,[101,102] qui sont habituellement tissés avec des espaces ouverts relativement grands, quelquefois 100 mμ ou plus grands. Une efficacité importante de récolte pour des particules de poussière de 1 mμ ou moins a été effectuée; ainsi, le procédé de filtrage n'est pas un simple tamis de tissu. Initialement, des petites particules sont retenues sur la fibre par interception directe, par choc de la force d'inertie, par diffusion, par attraction électrostatique, et par décantation gravitationnelle; quand un tapis ou un bloc

de poussière s'est accumulé, les particules sont recueillies par un tamis au tapis ou à bloc de poussière aussi bien que dans les mécanismes cités au dessus; périodiquement, la poussière accumulée est éliminée, mais de la poussière résiduelle reste et aide avec le filtrage prochain. Une méthode simple d'estimation de l'importance relative de différents mécanismes de filtration est montré dans le Tableau 4-14.[103]

Interception directe--L'écoulement de l'air dans la filtration par tissu est habituellement laminaire.[104] Quand le fil du courant fluide transportant la particule approche un élément filtre dans une distance inférieure à la moitié du diamètre de la particule, la particule est directement interceptée. Si la particule a une très petite masse, elle ne sera pas deviée du fils du courant et adhérera à l'élément. (Voir parcours A à la Fig. 4-50).

Choc de la force d'inertie--Quand la masse de la particule est si grosse qu'elle est incapable de suivre le fil du courant au tour de l'élément filtre, la particule continue suivant un parcours de courbure moindre.[105] Elle vient plus près de l'élément comme s'il avait suivi le fil du courant. (Voir parcours B à la Fig. 4-50). Le choc est efficace pour la récolte de particules de 2 mμ et c'est le mécanisme prédominant pour des particules plus grosses.[106]

Diffusion--Pour des particules de moins de 0,05 mμ, la diffusion est le mécanisme prédominant. De telles petites particules ne suivent pas le fil du courant parce que du mouvement Brownien augmentent la chance de contact entre les particules et les surfaces de récolte. Un gradient de concentration, établie après la récolte de quelques particules, augmente le débit de dépos. La faible vitesse de l'air augmente la durée de contact.[106]

Attraction électrostatique--L'attraction électrostatique, qui attire les particules et l'élément filtre ensemble à n'importe quel moment quand ou l'un ou les deux possèdent une charge statique (parcours C, Fig. 4-50), affecte l'agglomération de la particule, la propreté du tissu et l'efficacité de récolte. Cette force

Tableau 4-14. - MECANISME DE CONTROLE POUR LA RECOLTE DE PARTICULE PAR TAILLE[101]

Mécanisme de récolte primaire	Diamètre de la particule, mμ
Interception directe	>1
Heurt	>1
Diffusion	0,001 à 0,5
Electrostatique	0,01 à 5
Gravité	>1

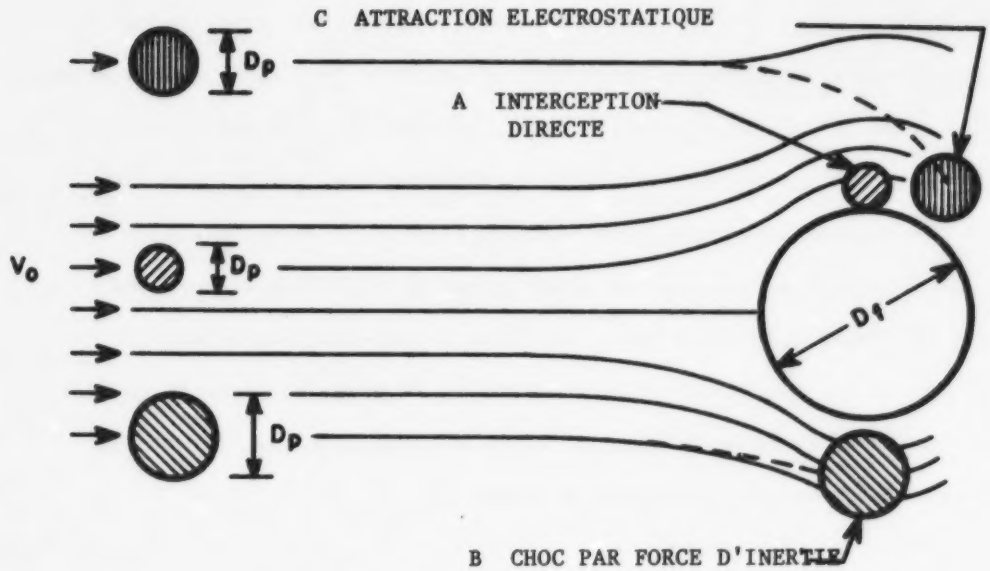


Fig. 4-50. Fils de courant et trajectoires de particule approchant des éléments filtre. (D_f représente le diamètre de l'élément filtre; D, le diamètre des particules; V_0 la vitesse du courant du gaz).

est soit directe quand la particule et le filtre sont tout deux chargés, ou induite, quand seulement un est chargé. Les charges sont habituellement introduites durant la fabrication de la fibre. Une série triboélectrique peut être utile dans la sélection des tissus pour les filtres avec des propriétés électrostatiques désirables.[107]

Décantation gravitationnelle--La gravité peut causer la décantation des particules sur la surface du filtre quand elles passent au travers du filtre.

4.6.1.2 La Résistance au Courant d'Air--La résistance du tissu propre et celle du tapis de poussière affectent la conception des filtres de tissu. La résistance du tissu propre du filtre est déterminée par la texture et les caractéristiques de la fibre. Une texture serrée offre plus de résistance qu'une texture lâche. Une caractéristique est la perméabilité--elle correspond au volume d'air (m^3/s) passant au travers d'un mètre carré de tissu propre et neuf à un standard de différentiel de pression de 124,4 N/m^2. La chute de pression traversant le tapis de poussière est reliée à la concentration de la poussière dans le courant du gaz, la densité de la masse du gaz, le temps de l'opération, et la vitesse du front d'avancement du gaz au travers du tissu.

4.6.2 Description de l'Equipement

Trois conceptions de chambre à sac--à pression ouverte, à pression fermée, et à aspiration close--sont utilisées pour les filtres en tissu.[108] Généralement, la conception est dictée par la humidité dans le gaz brûlé. Plus le point de rosée est important, plus le besoin d'empêcher la condensation est important, il peut, en effet, humidifier le bloc du filtre, boucher le tissu, et corroder le bâtiment et les cônes.

Une chambre à sac à pression ouverte, construite avec de l'acier ondulé ou faite de murs en ciment amiante, avec un ventilateur du côté du gaz sale du système, peut fonctionner avec des côtés ouverts s'il est protégé du temps. Parce que la refroidissement est facilité, le gaz d'entrée chaud et des milieux à faible température pour le filtre peuvent être utilisés.[106] A l'autre côté, l'usure du souffleur est importante attendu qu'il doit manipuler la charge de

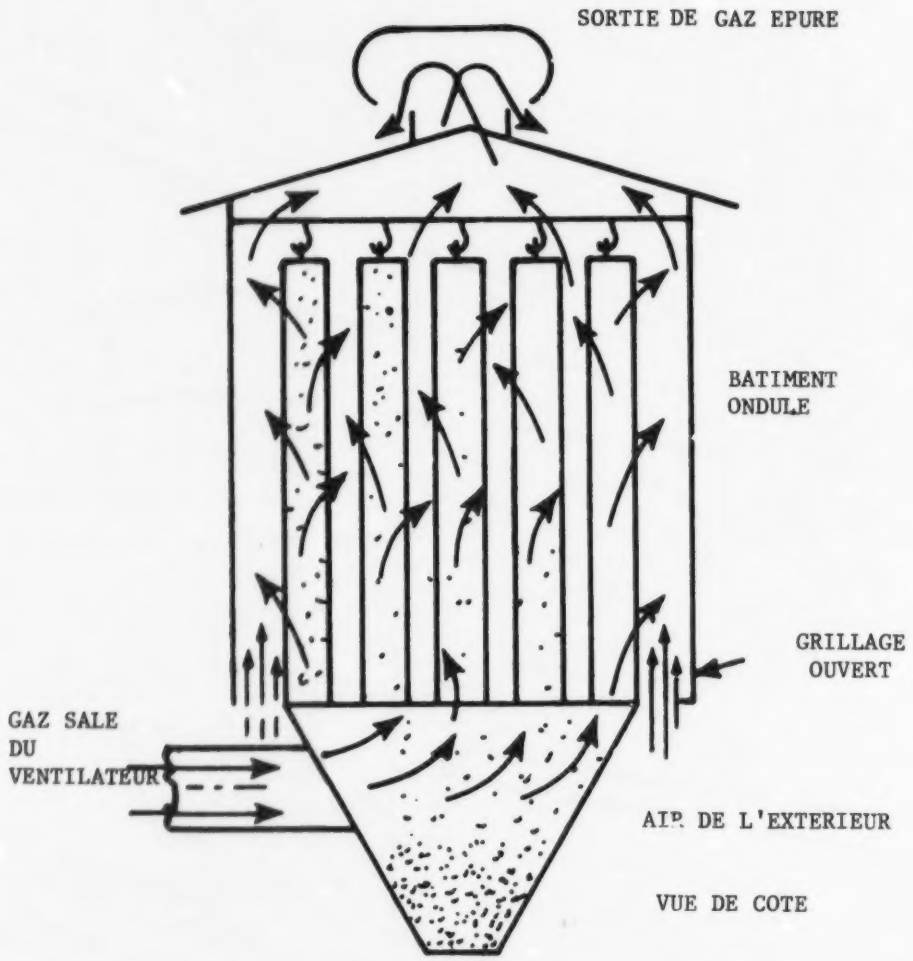


Fig. 4-51. Chambre à sac à pression ouverte

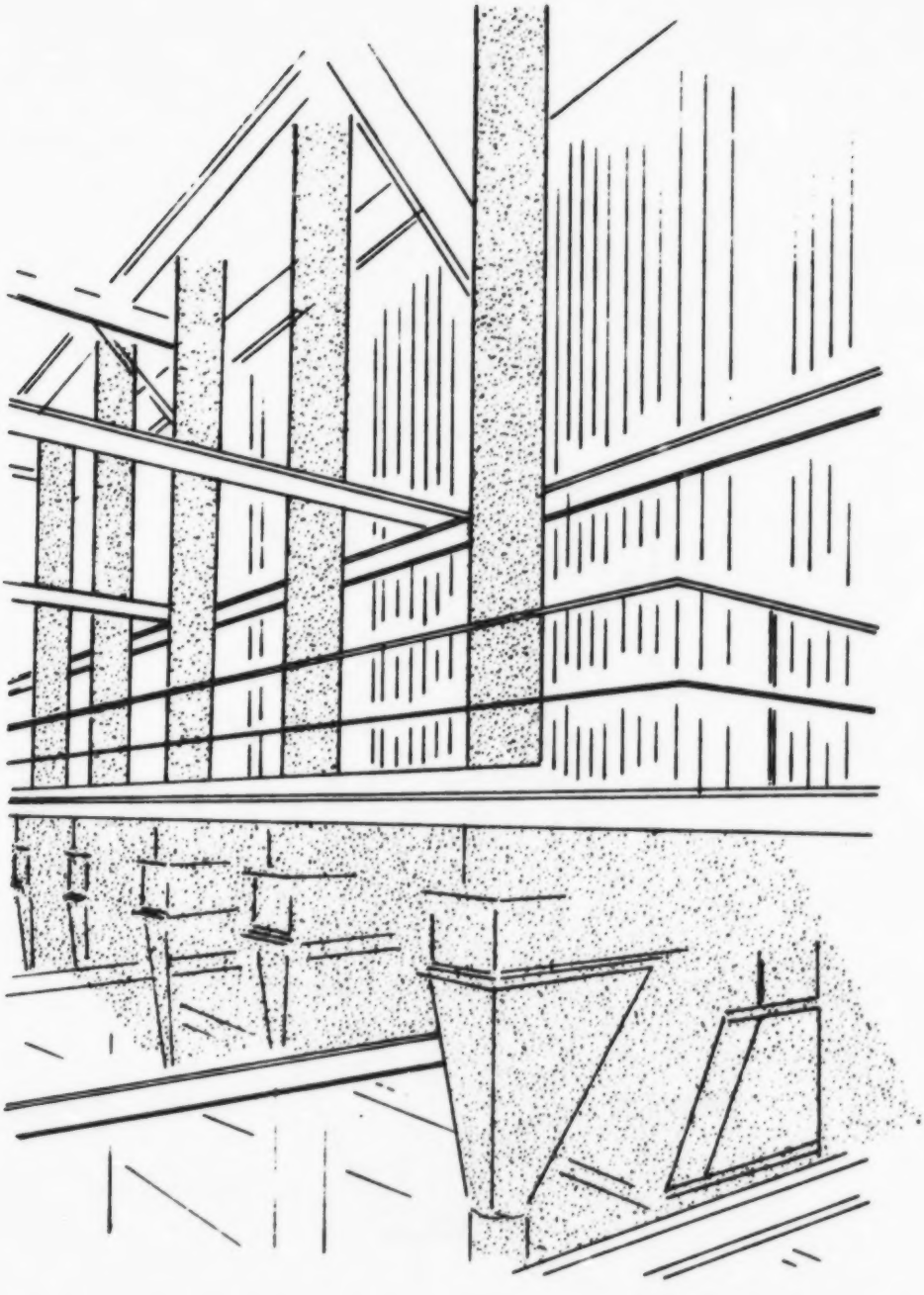


Fig. 4-52. Unité de chambre à sac à pression ouverte montrant l'installation sans un bâtiment séparé pour le gaz épuré.

poussière entière. Les Figures 4-51 et 4-52 illustrent des chambres à sac à pression ouverte.[108,109]

Une chambre à sac à pression fermée, souvent construite avec des murs en ciment amiante, possède également un ventilateur sur le côté du gaz sale du système, mais ces côtés sont fermés, le plancher est fermé, et les cônes sont isolés. L'unité fermée est utilisée pour des gaz à points de rosée importants et pour des gaz toxiques qui ne peuvent pas être dégagés à de faibles élévations. L'usure du souffleur et les problèmes d'entretient sont identiques à ceux d'une chambre à sac à pression ouverte. Les Figures 4-53 et 4-54 illustrent une chambre à sac à pression fermée.[108,109]

Une chambre à sac à succion close possède un ventilateur au côté du gaz propre d'une structure sondée et hermétique; le plancher est fermé; et les murs et les cônes sont isolés. Cette unité est utilisée pour des gaz qui ont des points de rosée entre 347 et 356 K. Le métal utilisé pour la construction des murs des chambres à sac et des cônes doit être suffisamment fort pour supporter des différentiels de pression; un différentiel de plusieurs centrimètres d'eau peut produire des forces importantes à cause des grandes surfaces de mur.[106] L'entretient du souffleur est meilleur marché parce que le souffleur est sur le côté du gaz propre du système, mais l'inspection des sacs est difficile. La Figure 4-55 illustre une chambre à sac à succion close.[108,109]

Pour toutes les chambres à sac, un accès facile doit être prévu pour changer les sacs et pour améliorer l'entretient. Pour permettre le changement du sac sans enlever l'unité du courant, beaucoup d'unités ont des divisions internes de telle manière qu'un compartiment individuel peut être isolé et entretenu pendant que les autres compartiments continuent de filtrer.

Les chambres à sac sont alimentées en tant qu'unités à contenance automatique ou en tant que systèmes de contrôle à champ élevé. Dans les usines où peu de sources de poussière ont besoin de contrôle, le collecteur individuel en tissu a plusieurs avantages sur un système de recueillement important et central:[110] le collecteur d'une unité à contenance automatique est transporté en un bloc (ou

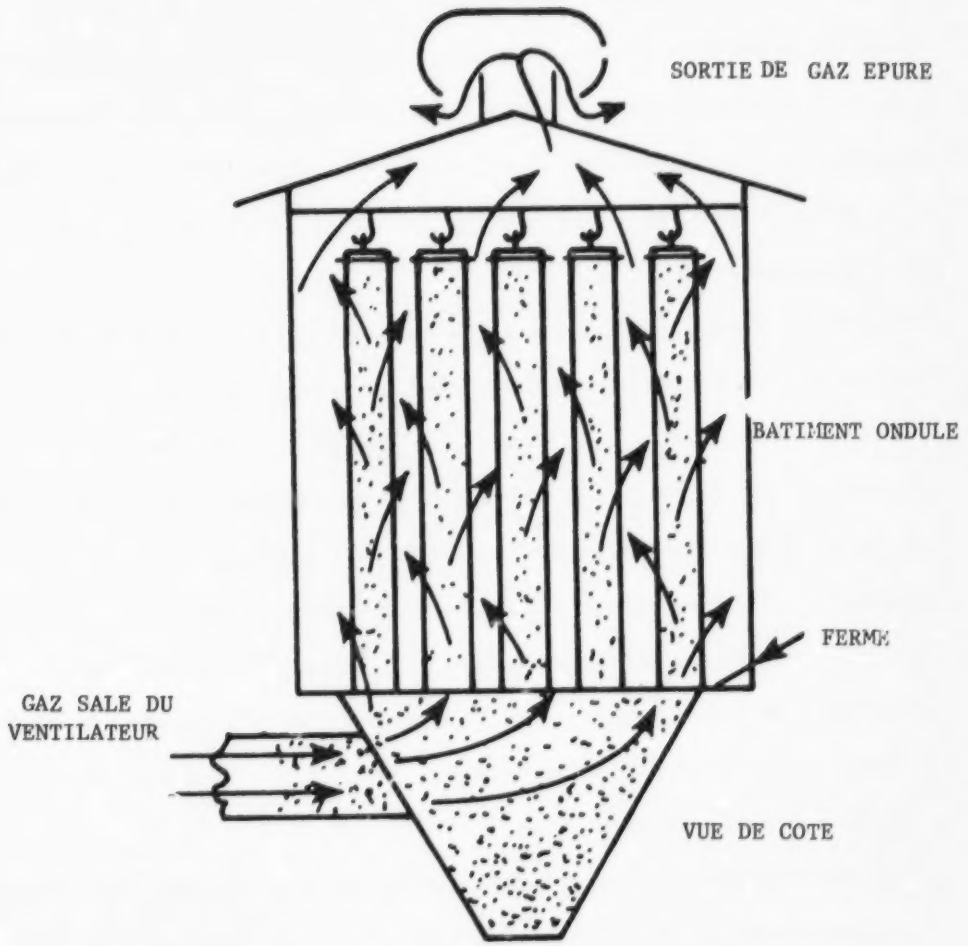


Fig. 4-53. Chambre à sac à pression fermée.

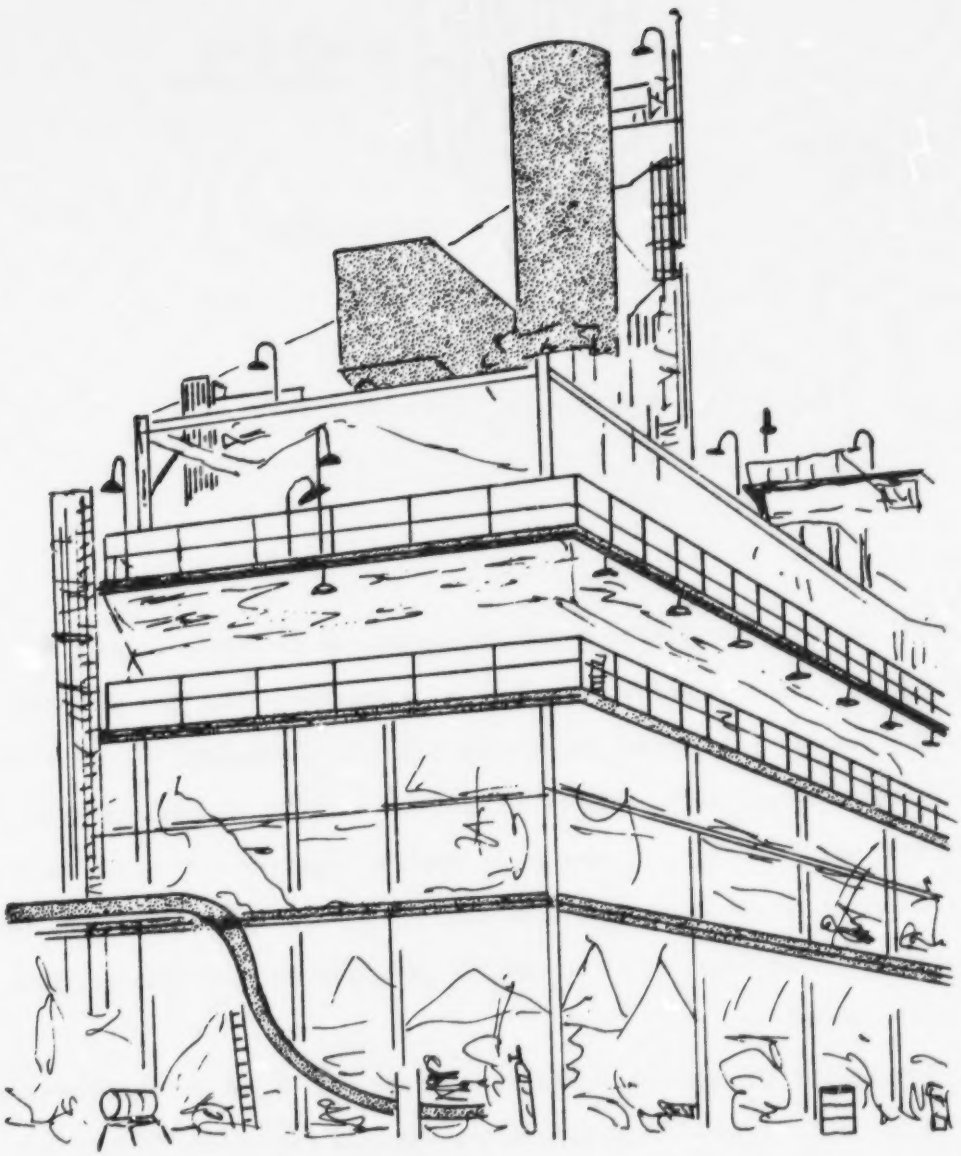


Fig. 4-54. Unité de chambre à sac à pression fermée.

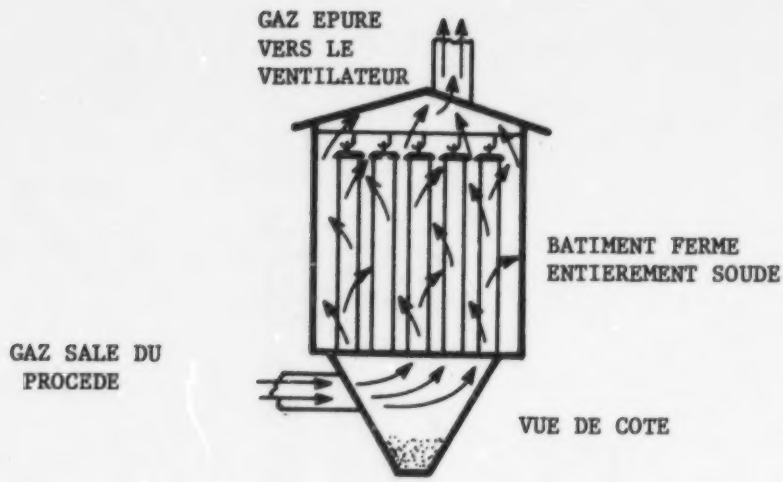


Fig. 4-55. Chambre à sac à succion close.

à peu près), il peut être installé avec le minimum de conduite, et peut être déplacé vers des sites demandant un contrôle de poussière pour des procédés à charge non moteur. Le système de récolte centrale ne demande non seulement pas une surface considérable, mais il est souvent monté à l'extérieur et ainsi peut réclamer une isolation, et même de la chaleur supplémentaire pour empêcher le gaz de se refroidir au point de rosée; néanmoins, ce système est préféré dans les importantes usines où beaucoup de sources de poussière de processus continus doivent être contrôlées.

4.6.2.1 Les Formes des Sacs--Les deux formes majeures de sacs sont l'enveloppe (plate) et le tube. Dans l'enveloppe, illustrée à la Fig. 4-56,[109] la poussière est collectée à l'extérieur du sac, qui contient des écrans et des montures pour l'empêcher de tomber. L'écran interne complique le changement du sac et, à cause de son contact avec le tissu, réduit la durée du tissu;

néanmoins, le sac enveloppe a deux avantages sur le sac tube: il donne plus de surface de filtration par volume et, si la poussière a une tendance à se mettre en pont, chaque autre sac peut être déplacé pour empêcher le bouchage.

Un plan d'un sac tubulaire, illustré à la Fig. 4-57, est ouvert à une extrémité et fermé à l'autre.[109] Le sac unique n'est pas attaché aux autres sacs. Le sac multiple, trois ou six sacs tubulaires cousus ensemble comme le montre la Fig. 4-58,[109] est limité à une suspension à boucle au sommet et ainsi demande occasionellement un ajustement à cause de l'instabilité dimensionnelle.

Dans des filtres à sacs multiples ou à sac unique qui sont en utilisation répandue, le courant d'air peut être soit venant de l'extérieur soit de l'intérieur. L'alimentation vers les sacs peut être faite depuis le fond ou du sommet. L'entrée par le fond permet une préséparation des particules vulgaires dans le cône, ainsi le tissu manipule seulement la poussière en suspension; l'entrée par le sommet non seulement force la charge de poussière à passer au travers du tube entier avant qu'elle n'atteigne le cône, mais aussi crée une poche de gaz mort dans le cône qui peut recueillir de la condensation depuis les gaz chargés d'humidité.

4.6.2.2 Les Types de Tissu--Les deux types basiques de tissu utilisés dans les filtres en tissu sont le tissu tissé (milieux à filtre "bloc") et le tissu feutré (milieux à filtre "fibre").[111,112] Le tissu feutré propre est un collecteur de poussière plus efficace que le tissu tissé propre, mais les efficacités sont équivalentes après qu'une couche de poussière se soit accumulée sur la surface du tissu tissé.

Les Tissus Tissés--Les filtres en tissu tissé dans des chambres à sac conventionnelles ont habituellement des vitesses de filtration de 0,0051 à 0,0255 m/s[105,113]. La porosité est variée en utilisant des différents comptes de tissu, de fils, de poids du tissu, et différents modèles de tissage. Ce compte est le nombre de fils de chaîne (en longueur) et de trâme (largeur)

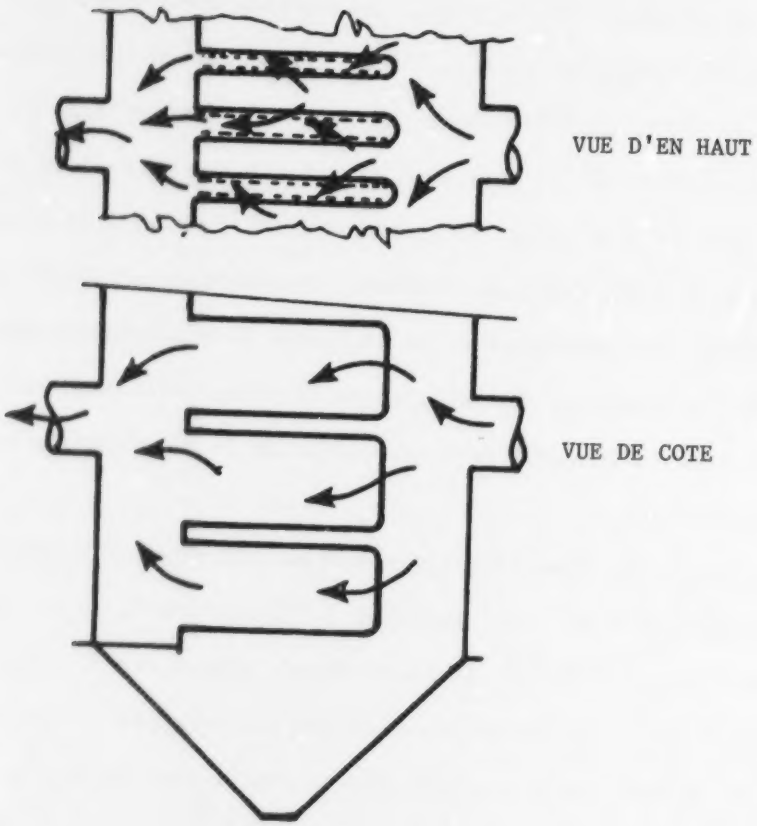


Fig. 4-56. Sac de collecteur de poussière type ou plat ou enveloppe.

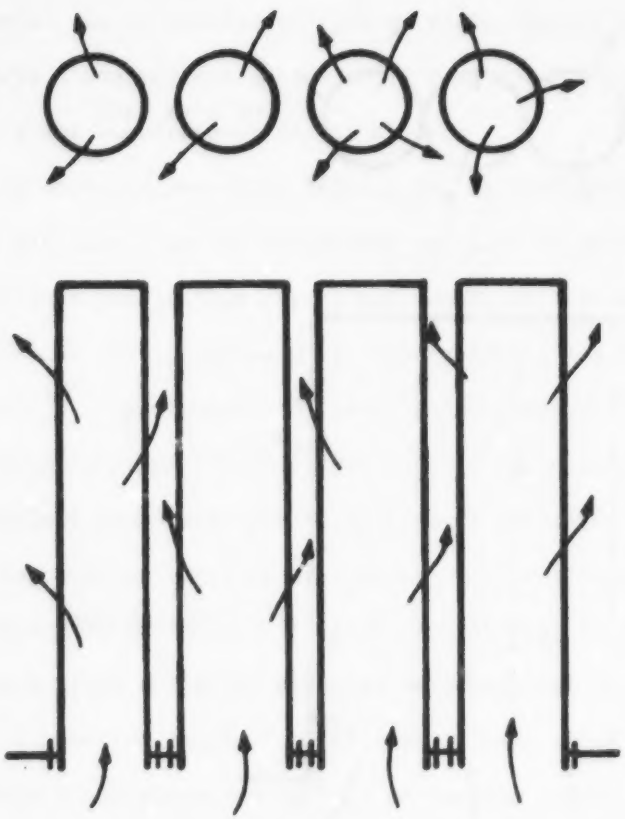


Fig. 4-57. Sac de collecteur de poussière type ou rond ou tubulaire.

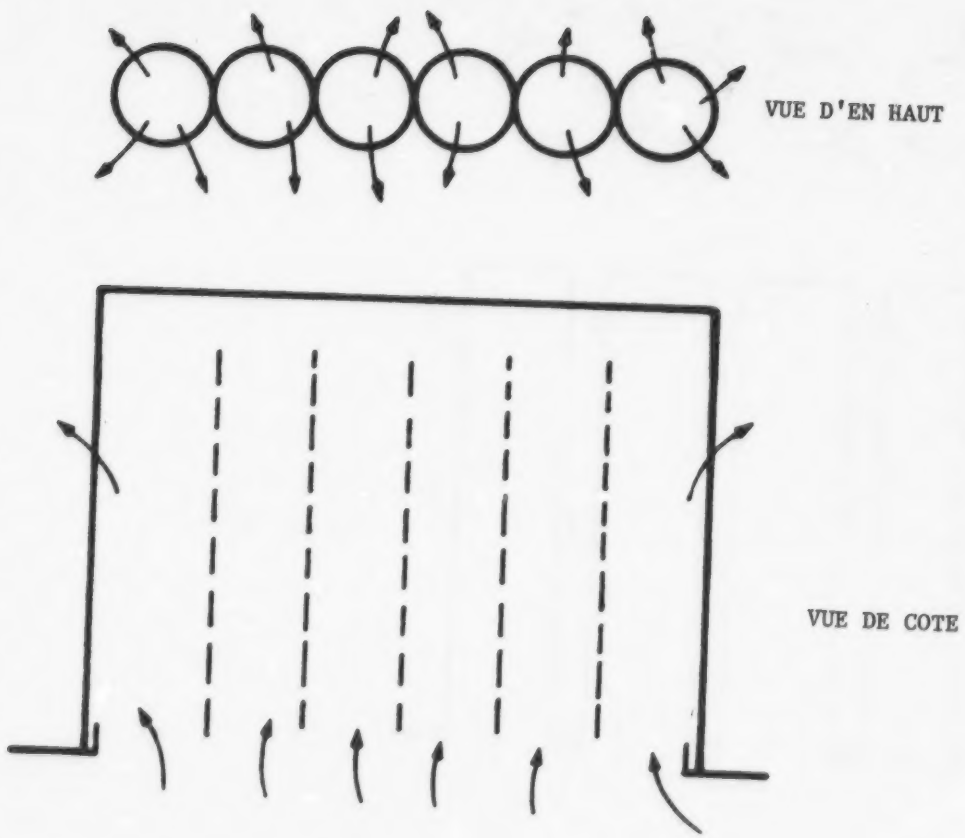


Fig. 4-58. Système de récolte de poussière type à sacs multiples.

par unité de longueur dans le tissu tissé. Ces trois formes de fil utilisées sont les fils à monofilament, à multifilaments, et à fibre bitord:[112] le fil à monofilament est une fibre synthétique faite dans un filament simple et continu; le fil à multifilament est deux ou plus monofilaments enroulés ensemble; la fibre bitord correspond à de petites longueurs de fibre synthétique ou naturelle enroulées en un brin continu. Les sacs en tissu tissé sont faites de coton, laine, Dacron, nylon, Orlon, Nomex, polypropylène, Téflon et fibre de verre. Le milieu des filtres en Redon, Orlon, Dralon T et Dolan peuvent être utilisés d'une manière neutre aussi bien que des atmosphères acides ou basiques jusqu'à des températures de 413 K.

La porosité peut être réduite par du tissu tissé à partir de fil molletonné ou de fil plié. Le fil molletonné est fait en grattant la surface du filament du fil pour produire un aspect pellecheux et fibreux;[114] le fil plié est fait à partir de fils de poids plus léger enroulés ensemble en une fibre unique et continu.[115] Par exemple, un tissu à 800-deniers (le denier est g/1 000 m) peut être tissé de fil plié fait à partir de quatre fibres enroulés de fil de 200-deniers pour augmenter sa faculté de rétention sans changer le poids du tissu.

Les modèles basiques de tissage sont le tissage simple, le tissage croisé, et le tissage en satinette,[115] (illustrés à la Fig. 4-59). Le tissage simple, commun dans certaines toiles de coton et dans beaucoup de fibres synthétiques,[115] a une construction simple "un fil vers le haut et un fil vers le bas", qui permet le maximum entrelacement du fil; un tissage serré conduit à une faible perméabilité, et des comptes abaissés rendent le tissage incapable d'être aussi ouvert que désiré. Le tissage croisé, pour coton et synthétiques,[115] possède des lignes diagonales fines formées en passant un fil de chaîne sur deux fils ou plus de trame ou éffilochés et en avançant en entrelaçant un fil effiloché avec chaque fil de chaîne. Le tissage satinette possède même moins de fils éffilochés entrelacés que le tissage croisé, et ceux-ci sont espacés largement et régulièrement, et donnent une surface douce qui augmente la porosité, qui les fait particulièrement

Simple Croisé Satinette

Fig. 4-59. Tissages de base des tissus utilisés pour les sacs de filtre tissés.

valables pour la récolte de la poussière. Dans une construction équivalente, le tissage croisé à moins de fibres entrelacées que le tissage simple et, à cause de cela, possède une plus grande porosité; mais le coton satinette est probablement utilisé plus communément que n'importe quels autres tissages de tissu pour des filtres fonctionnant à la température ambiant.

Les Tissus Feutrés--Parce que les tissus feutrés sont complexes, avec des masses de fibres fines orientées au hasard comme dans un labyrinthe dont l'épaisseur relative produit un maximum de surface de choc pour la poussière et change la direction de l'écoulement pour attraper la poussière de petite taille et les particules de vapeur, les filtres en tissu feutré fonctionnent avec des efficacités de récolte extrêmement élevées.[116] Les tissus feutrés, utilisés dans les chambres à sac à jet contraire et celles à jet à vibration, ont des vitesses de filtration de 5 à 6 fois[106] celles des filtres en tissu tissé. Les sacs feutrés, plus chers que les sacs tissés, sont disponibles en laine et en fibres synthétiques telles que le Dacron, le Nylon, le Nomex, le polypropylène, et le Téflon, mais pas en coton ou en fibre de verre.

Les considérations principales pour la sélection d'un feutre pour un procédé particulier incluent:[117]

1. Les caractéristiques de fibre nécessaires pour rencontrer des résistances chimiques et thermiques.
2. Le type de construction.
3. Les propriétés physiques du feutre, telles que la densité, la résistance au cassage, l'élongation, la résistance à l'éclatement, la perméabilité à l'air, et la rétention des tailles de particules.

Les sacs en feutre ne fonctionnent pas bien dans la récolte de vapeurs extrêmement fines si les particules fines encastrent le feutre; celles-si sont difficiles à éliminer dans le cycle d'épuration. Généralement, les sacs feutrés sont nettoyés par un jet contraire à haute pression et des dispositions de jet à vibration qui fonctionnent à de fréquents intervals, et chaque sac dans une

unité est nettoyé individuellement.[116]

4.6.3 Les Facteurs Opérationnels

Les tissus utilisés dans les chambres à sac disponibles commercialement sont montrés dans le Tableau 4-15.[97,112,118] En comparant les classements du coût donnés au Tableau 4-15, d'autres facteurs devraient être considérés: l'utilisation de tissu à d'importante température réduit la quantité de refroidissement par dilution nécessaire[119] et demande moins de surface de filtration. Par exemple, le refroidissement des gaz de 477 à 394 K avec l'air ambiant à 305 K augment le volume final du gaz par 60 pour cent; à 477 K, le filtre demande seulement 62,5 pour cent autant de surface de tissu qu'il ne le ferait à 394 K. Ces réductions diminueront les coûts de l'énergie pour le fonctionnement du filtre.[119]

Les matériaux de tissu rarement utilisés sont le carbone, les métaux et les fibres de céramique qui filtrent les gaz jusqu'à 1 144 K.[120] La fibre de verre beta, qui est un produit relativement nouveau, est plus flexible et s'use moins en utilisation que la fibre de verre ordinaire.[115]

Les caractéristiques électriques peuvent être importantes dans la sélection du tissu, attendu que l'attraction électrostatique peut réduire la fuite de la poussière. Par exemple, l'agglomération de poussière chargée négativement peut être aidée par la sélection de tissu chargé positivement.

L'entretient d'un filtre en tissu est relié à sa conception originale; c'est ainsi que les rapports élevés air-à-tissu sont souvent responsables des remplacements fréquents des sacs, causés par l'ensablement du tissu ou par l'usure excessive du sac. Pour des chambres à sac conventionnelles avec filtres en tissu tissé, les rapports air-à-tissu pour chaque mètre carré sont de 0,0076 à 0,015 m^3/s pour les poussières et de 0,0051 à 0,01 m^3/s pour les vapeurs; les rapports types et les vitesses de transport de la poussière pour les poussières et vapeurs collectées dans les sacs en tissu tissé sont montré au Tableau 4-16.[121] Les chutes de pression varient de 497,6 à 1 990 N/m^2. Pour les chambres à sac à jet contraire avec des filtres de tissu feutré ou tissé molletonné,

Tableau 4-15. - CARACTERISTIQUES DU TISSU DE FILTRE[97,112,118]

Fibre	Exposition durant le fonctionnement, K		Support le combustion	Perméabilité de l'air,[a] $m^3/s-m^2$	Composition	Résistance[b]				Classement du cout[c]
	longue	courte				Abrasion	Acides minéraux	Acides Organiques	Base	
Coton	355	380	oui	0,5 -1,0	Cellulose	B	P	B	B	1
Laine	366	394	non	1,0 -3,1	Protéine	B	C	C	P	7
Nylon[d]	366	394	oui	0,76-1,5	Polyamide	E	P	C	B	2
Orlon[d]	388	408	oui	1,0 -2,3	Polyacrylonitrile	B	B	B	C	3
Dacron[d]	408	438	oui	0,05-3,1	Polyestère	E	B	B	B	4
Polypropylène	366	394	oui	0,04-1,5	Oléfine	E	E	E	E	6
Nomex[d]	492	533	non	1,25-2,75	Polyamine	E	C	E	G	8
Fibre de verre	560	588	oui	0,05-3,6	Verre	P-C	E	E	P	5
Téflon[d]	505	533	non	0,76-3,3	Polyfluoroéthylène	C	E	E	E	9

[a] m^3/m^2 à 124,4 N/m^2.

[b] P = Pauvre, C = Convenable, B = Bon, E = Excellent

[c] Classement du coût: 1 = coût le plus bas, 9 = le plus haut.

[d] Dupont: marque déposée.

les rapports air au tissu pour chaque mètre carré sont de 0,0508 à 0,081 m^3/s pour la poussière et de 0,0305 à 0,0508 m^3/s pour les vapeurs. Le Tableau 4-17 montre les rapports pour les poussières et vapeurs recueillis dans les chambres à sac à jet contraire.[122]

Pour des filtres sac tissés, le chargement type en poussière est de 0,228 à 22,8 g/m^3 de gaz; des concentrations plus hautes de matières en particules sont quelquefois éliminées par un dispositif de pré-nettoyage (par exemple, un cyclone de petite efficacité). Pour les filtres sac feutrés, le chargement en poussière maximum avec un jet nettoyant contraire ou à vibration est de 182,4 g/m^3. La Figure 4-60 présente les données du rapport chargement de poussière sur filtre pour différents produits.[123]

Le plus souvent un tissu est nettoyé, spéciallement le fibre de verre, plus la durée du sac est courte; ceci suppose qu'il est nettoyé assez souvent pour empêcher l'ensablage du tissu par un surcharge de poussière. Le tissu est normalement nettoyé quand la chute de pression traversant la chambre à sac ou l'un de ses compartiments augmente de 6 pouces d'eau.[106] Dans les grandes chambres à sac, le nettoyage est établi par compartiment, basé sur l'expérience de fonctionnement; mais le nettoyage peut être établi pour retenir de 764,4 à 1 244 N/m^2 la chute de pression traversant la chambre à sac à jet contraire avec des filtres feutrés.[124]

Si la poussière est encastrée et reste dans les interstices du tissu, le nettoyage normal ne l'élimine pas complètement et elle ensable et bouche les trous du tissu jusqu'à un point où la résistance du tissu devient importante d'une manière permanente et excessive. Une fois entammé, l'ensablage devient rapidement pire. Un éffondrement, une faille dans la structure en bloc, caractérisé par une condition plus compacte et une plus grande résistance, est causée par des vitesses de filtration excessive. La variation dans les vitesses de filtrations locales, qui excède un facteur de 4 d'un bout à l'autre d'un sac filtre unique, peut créer l'éffondrement ou la perforation du bloc

Tableau 4-16. RAPPORTS MAXIMUM RECONNENDES ET VITESSES DE TRANSPORT DE LA POUSSIERE POUR DIFFERENTES POUSSIERES ET VAPEURS DANS DES CHAMBRES A SAC CONVENTIONNELLES AVEC DE TISSUS TISSES[121]

Poussière ou vapeurs	Rapport maximum de filtration, $m^3/s-m^2$ surface de tissu	Vitesse au tubulure, m/s
Abrasifs	0,051	23
Alumine	0,011	23
Oxyde d'aluminium	0,010	23
Amiante	0,014	18-20
Levure	0,013	20-23
Chute de décahrge pour céréale	0,015	20
Bauxite	0,013	23
Poudre de bronze	0,010	26
Argile de Brunswick	0,011	20-23
Opérations de polissage de roue	0,017	18-20
Carbone	0,010	20-23
Ecrassate et moulage du ciment	0,008	23
Four à ciment (procédé par voie humide)	0,008	20-23
Céramiques	0,013	20-23
Charbon du bois	0,011	23
Chocolat	0,011	20
Minerai de chrome	0,013	26
Argile	0,011	20-23
Nettoyeur	0,011	20
Cacao	0,011	20
Coke	0,011	20-23
Transport	0,013	20
Bouchon	0,015	15-18
Produits de beauté	0,010	20
Coton	0,018	18
Alimentation et céréales	0,017	18
Feldspath	0,013	20-23
Engrais (mise en sac)	0,012	20
Engrais (refroidisseur, séchoir)	0,010	23
Silex	0,013	23
Farine	0,013	18

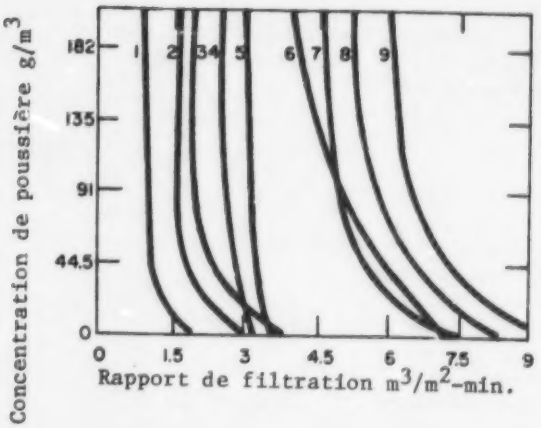
Tableau 4-16. - RAPPORTS MAXIMUM RECOMMENDES ET VITESSES DE TRANSPORT DE LA POUSSIERE POUR DIFFERENTES POUSSIERES ET VAPEURS DANS DES CHAMBRES A SAC CONVENTIONNELLES AVEC DE TISSUS TISSES[121] (suite)

Poussière ou vapeurs	Rapport maximum de filtration m^3s-m^2, surface de tissu	Vitesse au tubulure, m/s
Verre	0,013	20-23
Granite	0,013	23
Graphite	0,010	23
Meulage et séparation	0,011	20
Gypse	0,013	20
Minerai de fer	0,010	23-26
Oxyde de fer	0,010	23
Noir de fumée	0,010	23
Oxyde de plomb	0,011	23
Cuire	0,018	18
Chaux	0,010	30
Castine	0,014	34
Manganèse	0,011	37
Marbre	0,015	34
Mica	0,011	30
Coquille d'huître	0,015	34
Machines à emballer	0,014	30
Pigments de peinture	0,010	30
Papier	0,018	18
Matières plastiques	0,013	34
Quartz	0,014	34
Roche	0,017	34
Machines à sabler	0,017	34
Silicium	0,014	34
Savon	0,011	18
Stéalite	0,011	30
Amidon	0,011	18
Sucre	0,011	30
Talc	0,011	30
Tabac	0,018	18
Bois	0,018	18

Tableau 4-17. - TISSUS RECOMMENDES ET RAPPORTS DE FILTRATION MAXIMUM POUR LA RECOLTE DE POUSSIERE ET DE VAPEUR DANS DES CHAMBRES A SAC A JET CONTRAIRE[122]

Matériel ou opération	Tissu	Rapport de filtration, $m^3/s\text{-}m^2$
Oxyde d'aluminium	Coton molletoné	0,056
Bauxite	Coton satinette	0,051
Carbone, calcines	Coton molletoné, laine feutré	0,041[a]
Carbone, vert	Orlon feutré	0,036
Carbone, mélangeur Banbury	Laine feutré	0,041
Ciment, brut	Coton satinette	0,046
Ciment, fini	Coton satinette	0,051
Ciment, broyage	Coton satinette	0,041
Chrome, (ferro) entraînement	Coton satinette	0,051
Argile, verte	Coton satinette	0,051
Argile, silicieuse vitrifiée	Coton satinette	0,061
Emeril (porcelaine)	Coton molletoné	0,061
Farine	Coton satinette	0,071[a]
Céréale	Laine feutré, Coton satinette	0,082
Graphite	Laine feutré	0,036[a]
Gypse	Coton satinette, orlon feutré	0,051
Vapeur d'oxyde de plomb	Orlon feutré, laine feutré	0,041[a]
Chaux	Coton molletoné	0,051
Calcine (concassage)	Coton satinette	0,051
Vapeurs de métallurgie	Orlon feutré, laine feutré	0,051[a]
Mica	Coton molletoné	0,056
Pigments de peinture	Coton satinette	0,051
Poudres de moulure phénolique	Coton satinette	0,051
Chlorure de polyvinyl (PVC)	Laine feutré	0,051[a]
Calibrage de brique réfractaire (après allumage)	Coton molletoné	0,061
Décapage au sable	Coton molletoné, laine feutré	0,031-0,041[a]
Carbure de silicium	Coton satinette	0,046-0,056
Poudre de détergent et savon	Dacron feutré, orlon feutré	0,061[a]
Haricot de soja	Coton satinette	0,071
Amidon	Coton satinette	0,051
Sucre	Coton satinette, laine feutré	0,051[a]
Talc	Coton satinette	0,056
Fluorure de tantale	Orlon feutré	0,031[a]
Tobac	Coton satinette	0,061
Farine de bois	Coton satinette	0,051
Opérations de scillage du bois	Coton satinette	0,061
Zinc, métallique	Orlon feutré, dacron feutré	0,056
Oxyde de zinc	Orlon feutré	0,041[a]
Oxyde de zirconium	Orlon feutré	0,041

[a]Décroît de 0,0051 $m^3/s\text{-}m^2$ si la concentration en poussière est importante ou la taille des particules est petite.



LEGENDE

1. Trisilicate de magnésium
2. Noir de fumée
3. Poussière d'amidon
4. Résinox
5. Terre à diatomée
6. Kaolin
7. Ciment ou poussière de castine
8. Poussière de charbon
9. Poussière de polissage du cuir.

Pous les numéros de 1 à 6, 99,94 à 99,99 pour cent passant à 325 mailles. Pour des numéros de 7 à 8, 95% passant à 200 mailles. Numéro 9 à 60 maille de moyenne.

Fig. 4-60. Rendement type d'une chambre à sac à jet arrière utilisant des tissus feutrés sur une variété de poussières (la charge de poussière contre le rapport de filtration à 871 N/m^2).

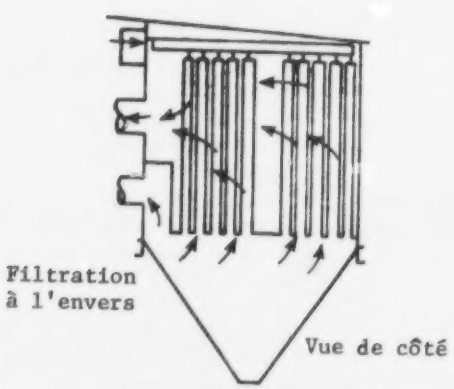


Fig. 4-61. Oscillement mécanique de l'entrée du fond d'un collecteur de poussière à sac unique.

du filtre.[125] Des vitesses de filtration locale peu durables de 0,51 m/s dans des zônes de perforation ont été observées quand la vitesse moyenne de filtration était seulement de 0,0041 m/s. Les perforations sont habituellement réparées automatiquement parce que l'écoulement de l'air augmenté apporte plus de poussière dans la zône de moindre résistance. Chaque sac doit être régulièrement inspecté pour les trous et les déchirures, et les concentrations de poussière en amont devraient être mesurées manuellement ou avec un oeil électronique pour détecter les augmentations causés par une fuite.[121] Une fuite dans un filtre est peut être le problème le plus important d'utilisation. L'espacement des sacs est important à la fois pour faciliter l'inspection et l'entretient et pour empêcher un sac de frotter contre l'autre. Un espace libre minimum de 50 mm est nécessaire entre les sacs de 3 à 4 m de long;[106] et des sacs plus longs réclament de plus grands espaces libres pour éviter l'usure excessive.

La température dans une chambre à sac devrait être de 280 à 380 K plus forte que le point de rosée du gaz;[109] dans certains cas, une conduite isolée et des chambres à sac maintiennent les températures; et dans d'autres, un petit radiateur auxiliaire empêche la condensation quand la chambre à sac est fermée. Pour éliminer le bouchage des tissus ferutés causé par la condensation lors de la manipulation de gaz avec un contenance importante en humidité, de l'air préchauffé peut être nécessaire dans le nettoyage avec jet contraire.[106]

La stabilité dimensionelle peut être perdue si le tissu subit des températures près de celles utilisées dans le processus original d'installation de la chaleur. Des températures excessives peuvent causer un rétrécissement de 3 à 4 pour cent, et ce rétrécissement peut forcer un sac à tirer librement depuis sa connection vers la plaque au sol ou la structure à support supérieur. Les coton et les laines doivent être préréttrécis. Un traitement correspondant connu sous le nom de "installation de chaleur"[106] est habituellement donné aux tissus synthétiques pour un équilibre plus égal de chaîne et de la tension du fil de remplissage, de l'élimination virtuelle du rétrécissement, et du contrôle de la porosité.

La porosité est diminuée par l'utilisation de tissus préenduits de matière flottante en amiante ou de matériaux similaires, pour former un bloc filtre artificiel qui empêche la fuite de poussière. Les tissus naturels tissés sont traités avec des enduits étanches à la flamme, étanches à la moisissure, étanches au rétrécissement, et/ou libérant de la poussière, tel que du silicium, pour augmenter la durée de service.[106] Les filtres tissés synthétiques sont traités avec des enduits étanches à la flamme et dégageant de la poussière. Les sacs en fibre de verre sont traités avec du silicium, des mélanges de silicium et de graphite colloïdal, et des lubrifiants de Téflon pour les protéger contre l'abrasion et les pannes d'inflexion causées par le frottement fibre à fibre;[117] ces lubrifiants sont éffectifs de 311 à 590 K.

4.6.3.1 Les Méthodes de Nettoyage de Filtre en Tissu--Parmi les techniques habituelles pour fléchir le tissu se trouvent l'oscillation, l'oscillation mécanique, et l'oscillation par air. Au cours de l'oscillation manuelle, utilisée dans les chambres à sac d'environ 45 à 55 mètres carré de tissu, un coup transmis au revêtement auquel les sacs de filtration sont suspendus fait vibrer librement la poussière. Un nettoyage total est rare parce que l'oscillation dépend de la force de l'opérateur.[106] Cette méthode est la moins chère mais c'est la moins désirable.

L'oscillation mécanique (Fig. 4-61) utilisée pour des filtrations intérieures ou extérieures pour éliminer la poussière des tissus tissés, est analogue à sécouage manuel d'un tapis.[113] L'action nettoyante douce mais efficace n'exerce aucune force exagérée sur le tissu; néanmoins, elle est habituellement trop vigoreuse pour des sacs en fibre de verre.[109] Le plan de l'oscillateur doit permettre une installation, un alignement, et un entretient aisé.

L'oscillation par de l'air inclue l'essuyage par de l'air, la soufflure d'air, la pulsion d'air, le fléchissement par de l'air contraire, et la vibration sonore. L'essuyage par de l'air (Fig. 4-62) nettoie par un écoulement d'air entre les rangées de sacs;[125] les sacs sont plus que nettoyés près de l'orifice ou du jet et peu nettoyés dans les zônes ensablés qui se trouvent loin de l'action du jet. Cette

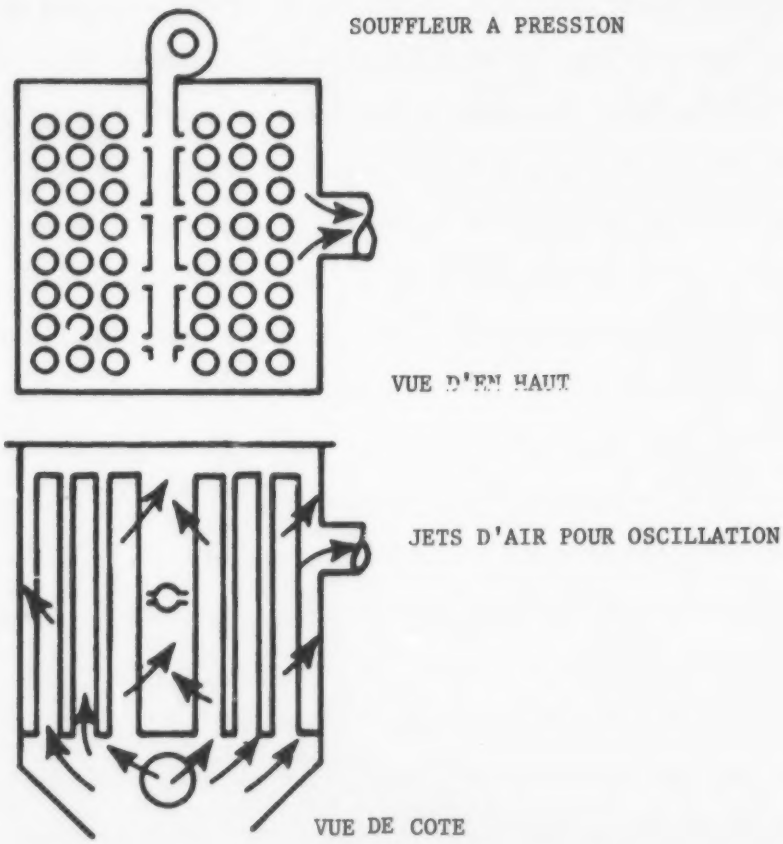


Fig. 4-62. L'essuyage par vent créant l'oscillation de l'air nettoie la poussière des sacs du collecteur

technique demande un minimum d'outils, mais elle est habituellement trop vigoureuse pour des sacs en fibre de verre.[109]

Dans le bouillenement d'air, (Fig. 4-63), un bouillenement dégagé au sommet du sac le traverse vers le bas et force le sac de s'onduler. Les demandes en air compressé sont importants; un nettoyage à rapports air-à-tissu plus élevés n'a pas été prouvé. Cette technique est utilisé pour une filtration à l'envers et quelquefois pour des sacs en fibre de verre.[109]

Dans la pulsion par jet, (Fig. 4-64), un jet d'air compressé au travers d'une section venturi force les sacs à vibrer à l'extérieur, fait vibrer le tissu, et élimine la poussière. La poussière est nettoyée depuis les surfaces de récolte par un petit choc plutôt que par un écoulement contraire au travers du tissu. La vibration du jet produit une chute de pression uniforme et continue, un nettoyage automatique avec aucune partie qui ne se déplace, et elle permet des rapports air-à-tissu importants et ainsi demande de petites unités pour une capacité équivalante. Cette technique, habituellement utilisée avec une filtration à l'endroit et avec des sacs feutrés, a deux désavantages: le coût de la monture de support et les coûts importants du remplacement des tissus feutrés.[109]

Dans le fléchissement par air contraire (Fig. 4-65), un dégonflement à double ou triple cycle des sacs est suivi par un remplissage modéré au travers d'un écoulement contraire à basse pression. Le nettoyage du tissu ne se fait pas exclusivement par oscillation; quelques remous peuvent se produire. Cette technique est utilisée pour une filtration à l'envers dans des sacs en fibre de verre.

Occasionellement, des générateurs sonores (Fig. 4-66) sont utilisés pour le nettoyage.[109] Ils font vibrer la poussière libre des tissus de collecte. Ils sont quelquefois utilisés pour augmenter une répressurisation et nettoyer l'écoulement contraire. Certaines installations à noir de fumée et à oxyde de zinc utilisent une répressurisation et des avertisseurs sonores pour nettoyer les sacs en fibre de verre.[109]

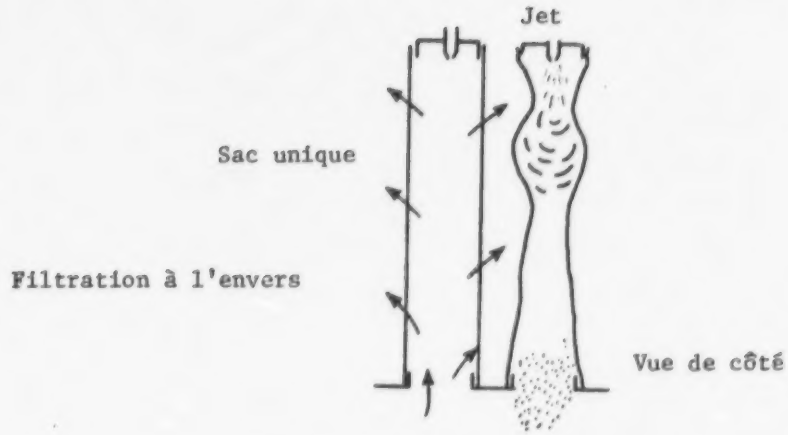


Fig. 4-63. Epuration par bouillonnement des sacs d'un collecteur de poussière

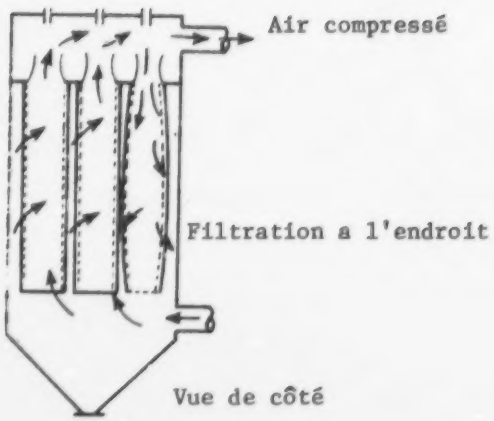


Fig. 4-64. Vibration d'un jet nettoyant le sac d'un collecteur de poussière

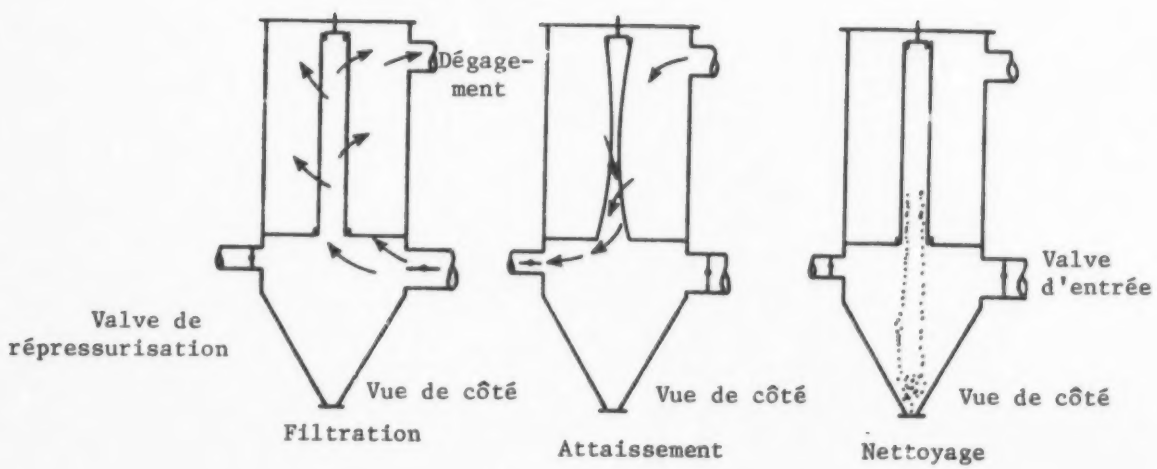


Fig. 4-65. Air contraire s'insinuant pour nettoyer les sacs d'un collecteur de poussière par répressurisation.

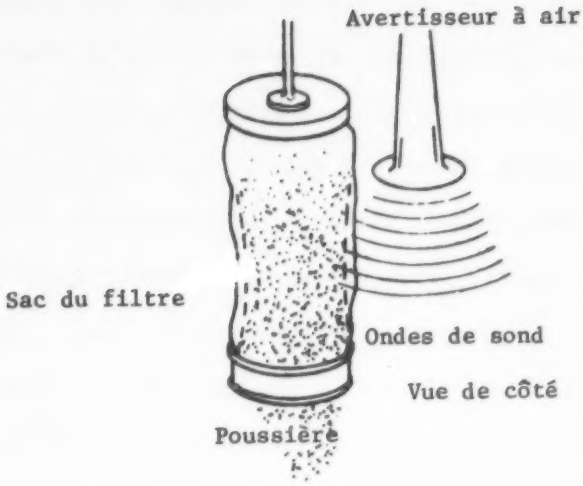


Fig. 4-66. Nettoyage sonore des sacs d'un collecteur de poussière.

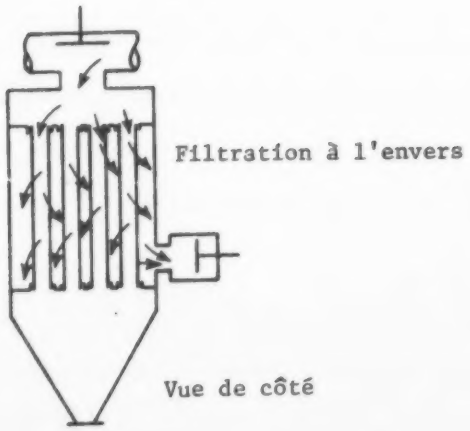


Fig. 4-67. Nettoyage par répressurisation des sacs d'un collecteur de poussière.

Trois techniques de courant d'air contraire sont le nettoyage par répressurisation le nettoyage atmosphérique, et le nettoyage par jet contraire.

Le nettoyage par répressurisation (Fig. 4-67) avec un courant d'air contraire de haut volume et de basse pression est utilisé pour des sacs tissés ou feutrés.

Dans le nettoyage atmosphérique d'une chambre à sac à succion close, le canal d'aération dans le régistre de tirage s'ouvre quand la valve du compartiment du régistre de tirage se ferme à l'atmosphère et permet à un remous d'air de nettoyer le tissu (Fig. 4-68). Cette action est douce et est utilisée seulement pour le tissu en fibre de verre et de la poussière facilement éliminable. Si la résistance du tissu est importante, la quantité de remous de l'air est diminuée et l'action nettoyante est réduite.[109] Des avertisseurs sonores peuvent être utilisés en supplément au nettoyage.

Dans le nettoyage par jet contraire (Fig. 4-69), un anneau d'air compressé se déplace de haut en bas de l'extérieur du sac filtre tubulaire et resouffle la poussière vers le tissu et hors de l'intérieur du sac. Le volume d'air soufflé sur 25 mm de l'encouche de l'anneau de soufflure varie habituellement de 0,00047 à 0,0007 m^3/s.[106] Les largueurs de l'encouche varient de 0,76 à 6,35 mm. Le réentraînement de la poussière fine peut causer des chutes de haute pression dans les chambres à sac recueillant des vapeurs fines, mais la technique est pleine de succès avec des sacs feutrés qui ont des rapports air-à-tissu importants dans une récolte de poussière relativement vulgaire et non abrasive. Le coût d'emplacement des sacs est quelque peu élevé, mais l'unité est capable d'une installation compacte.[109]

4.6.3.2 Equipement de Manipulation de la Poussière et de Refroidissement du Gaz-- Les collecteurs qui doivent être régulièrement nettoyés et réutilisés réclament un équipement de manipulation de la poussière tel que des cônes. Les cônes vident la poussière au travers d'une grille, un dispositif de blocage rotatif, ou une valve qui dégoutte dans un transporteur à vis (ou à courrole), la carossorie d'un camion, ou dans un silo totalisateur,[105] où elle reste jusqu'à ce qu'elle

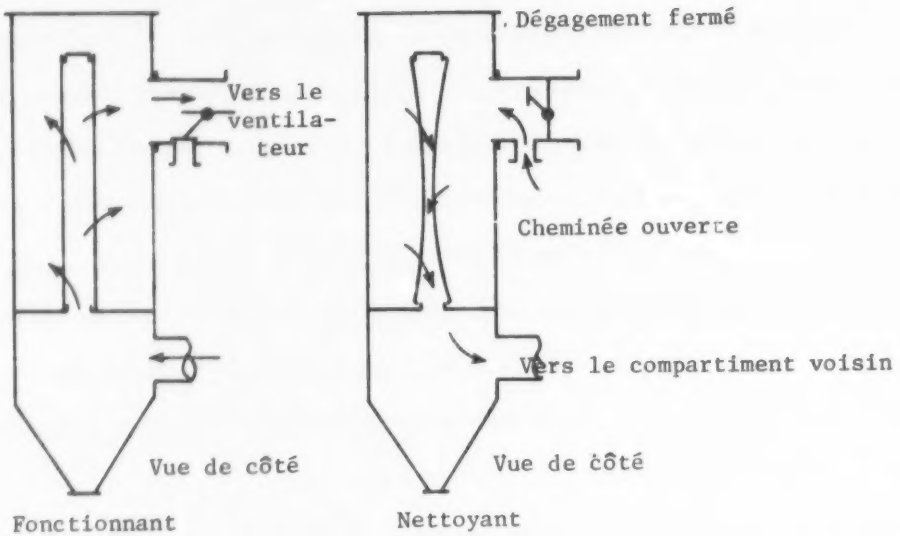


Fig. 4-68. Nettoyage du tissu par écoulement contraire de l'air ambiant.

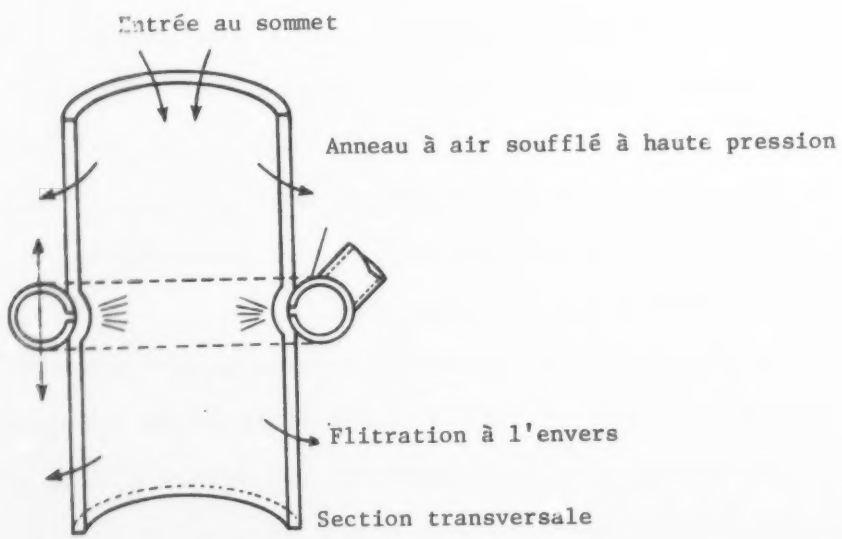


Fig. 4-69. Jet contraire nettoyant les sacs d'un collecteur de poussière.

soit transportée vers un point final d'élimination. Les cônes doivent être calibrés pour contenir la poussière collecte jusqu'à ce qu'elle soit enlevée pour élimination. Les côtés du cône doivent être suffisamment abrupts pour que la poussière glisse librement. Une élimination continuelle de la poussière aidera à empêcher le matériel de se placer en pont et empêchera les difficultés de fonctionnement avec des matériaux qui deviennent moins fluides avec le temps. Une considération particulière doit être donné au système de manipulation de la poussière au moment où le collecteur en tissu est originellement conçu.[105] D'une erreur future peut résulter une fuite, la rédispersion de la poussière collectée, et des problèmes de pollution de l'air; l'inaccessibilité de l'équipement à l'entretient, ou un équipement d'élimination de la poussière sous-calibré peut bloquer l'écoulement en amount des matériaux du procédé.

Le nettoyage des gaz de fourneaux demande, dans la plupart des cas, que les gaz soient refroidis pour protéger le tissu du filtre et assurer la durée du sac. Trois méthodes de refroididdement sont utilisées soit séparément ou d'une manière combinée:[126]

1. Le refroidissement par radiation et convection demande un investissement important en refroidisseurs à tube en U et en échangeurs de chaleur.
2. L'admission de l'air extérieur a pour résultat de volumes relativement importants de filtration qui réclament un équipement d'épuration de gaz d'une certaine grosseur, mais ce sont les meilleures techniques pour l'élimination de la condensation.
3. Le refroidissement par pulvérisation demande l'investissement capital le plus bas, mail il demande un contrôle soigneux de pulvérisation d'eau de refroidissement pour empêcher la conensation et le bouchage des filtres.

4.6.4 Applications Types

Les exemples suivant illustrent les utilisations types de la filtration par tissu.

4.6.4.1 Les Fours à Ciment--La récolte de la poussière depuis des fours à ciment

rotatif a été longtemps difficile à cause des volumes importants de gaz, du chargement lourd en très fines particules, des hautes températures du gaz, et dans le cas des fours à procédé humide, de la grosse quantité de vapeur d'eau.[127] Le cyclone conventionnel récoltéra un pourcentage important de la poussière, mais seulement le dépoussiéreur électrostatique et le collecteur à tissu sont capables d'un nettoyage complet.[128-130] Des efficacités aussi importantes que 99,5 pour cent, des chargements de décharge en dessous de 45,6 mg/m^3, et des opacités de fumée de moins de 10 pour cent ont été reportées pour les applications de filtre en tissu vers les fours en ciment.[129]

4.6.4.2 Les Cubillots de Fonderies--Les oxydes fins de métal (moins de 0,5 mμ) provenant d'un cubillot à fer gris sont les exemples principaux de matières en particules qui peuvent être contrôlées avec une filtration en tissu à une haute température. Le dégagement du cubillot varie de 810 à 1 475 K et les chargements effluents font en moyenne 2,28 g/m^3.[131] Les filtres en tissu à haute température et le refroidissement par évaporation par pulvérisations d'eau, sont les techniques communes les plus demandés pour le refroidissement de gaz. Les températures du gaz de sortie sont réduite à environ 505 K avant la filtration dans des sacs en fibre de verre. Dans une installation type, le gaz est filtré à environ 0,013 $m^3/s\text{-}m^2$ au travers de sacs tubulaires qui ont de 0,291 à 4,72 m. La durée d'un sac d'un ou deux ans peut être envisagée si les sacs sont utilisés continuellement; si l'utilisation n'est pas continue, ils sont en moyenne 20 à 40 heure/semaine en fonctionnement et durent de 4 à 5 ans.[131]

4.6.4.3 Les Fours à Acier à Arc Electrique--Le problème du contrôle d'émission pour un four à acier à arc électrique est caractérisé par les particules fines (principalement des oxydes de fer) dispersées dans le courant du gaz qui est fortement variable pour ce qui est de sa température, de son chargement, et de son volume pendant les différents cycles du processus. Le volume effluent dépend de la disposition de capuchon protecteur parce que la dilution de l'écoulement d'air est ajustée au refroidissement du gaz et au contrôle de la poussière dans le sein

de l'installation. Avec des unités à capuchon protecteur fermé, les températures de la cheminée peuvent atteindre 670 K ou plus importante.[132]

Le premier filtre en fibre de verre à grande envergure fut installé en 1959 dans une laminoire à Seattle.[132] Cette unité manipule de 49,5 m^3/s jusqu'à 534 K en utilisant des sacs de fibre de verre, de 0,291 sur 7,62 m, qui fonctionnent avec un rapport air-à-tissu de 0,007 m^3/s. Ces sacs sont nettoyés par effondrement. Un autre exemple est un four qui fond 40 800 kg de ferraille en 4 heures et qui utilise un filtre en tissu en Orlon pour manipuler un volume de 28,3 m^3/s à 367 K. Le coût du gaz est d'approximativement de $1 400 annuellement avec une durée de vie du sac de 5 ans.[132]

4.6.4.4 Les Fours Martin--Une compagnie importante d'acier a trouvé que les vapeurs d'oxyde de fer produites par un four Martin à lance à oxygène peuvent être recueillies efficacement par des sacs en fibre de verre.[133] Une chambre à sac de 10 compartiments utilisée experimentalement manipule 68,4 m^3/s à 533 K, basée sur un rapport du filtre de 0,0102 $m^3/s\text{-}m^2$ quand neuf des dix compartiments fonctionnent. Chaque compartiment contient 80 sacs en fibre de verre, de 0,291 sur 10,36 m (ou ayant 752 mètres carré de surface de filtre par compartiment). Quand des avertisseurs sonores sont ajoutés au nettoyage par air contraire, l'efficacité de la chambre à sac est bien au dessus de 99 pour cent sous toutes les conditions de volume d'entrée du gaz et de chargement en poussière. Le volume d'entrée de la matière en particules est aussi important que 45,6 g/m^3 au cours de l'épuration périodique des surfaces régénératrices de chaleur; le chargement de dégagement de poussière a été mesuré comme étant de 0,016 g/m^3.[134]

4.6.4.5 Les Fours à Métal Non Ferreux--Pour nettoyer le flot effluent combiné d'un four à révérbère et d'un haut fourneau à plomb, l'une des plus gros fours de fusion dans le pays a converti les sacs en fibre synthétique en sacs à fibre de verre pour permettre une récolte de fumée à des températures plus hautes que 590 K. Des températures plus hautes sont nécessaires pour éliminer le dépôt de goudrons organiques sur les sacs. Après 16 mois, les sacs en fibre de verre,

fonctionnant à 0,006 $m^3/s\text{-}m^2$ et nettoyés par oscillation, sont selon le rapport satisfaisants.[131]

Après des études de l'échelle pilote des deux milieux synthétiques et en fibre de verre dans un four à fonte intégré produisant du cuivre primaire et du zinc, une chambre à sac avec 20 400 mètres carrés de sacs en fibre de verre fut construit pour nettoyer les courants effluents depuis un four à révérbère et de convertisseurs à cuivre.[131] La fibre de verre fut sélectionnée parce qu'elle est résistante à la corrosion et parce qu'elle réduit de 50 pour cent la zône de transfert de chaleur par radiation-convection nécessaire au refroidissement depuis une température de 505 K jusqu'à une température sauvegardant les milieux organiques. Le taux moyen du filtre est de 0,0082 $m^3/s\text{-}m^2$. Les sacs sont de 0,127 sur 3,05 m et sont nettoyés par effondrement chaque demie-heure et par oscillation mécanique toutes les 8 heures. Une moyenne de durée de vie d'un sac au délà de 2 ans est anticipée.

4.6.4.6 Installations à Noir de Fumée--Les chambres à sac ayant des sacs en fibre de verre sont selon un rapport utilisées pour un nettoyage final dans presque toutes les installation de noir de fumée aux Etats Unis.[135] Auparavant, quand des sacs synthétiques furent utilisés, la filtration restait en dessous de 394 K pour protéger les milieux, et le processus de refroidissement par évaporation amenait le courant du gaz près du point de rosée acide et causait une corrosion sérieuse du tissu. L'introduction de la fibre de verre en 1953 permettait un fonctionnement à 477 et 533 K. L'effondrement du sac, avec une vibration supplémentaire depuis des avertisseurs sonores ou d'autres dispositifs modérés, est la technique la plus commune utilisée pour le nettoyage des filtres en fibre de verre. Les rapports air-tissu sont habituellement 1,5:1. La capacité moyenne d'une chambre à sac est de 23,6 m^3/s et la durée de vie d'un sac est de 12 à 18 mois.[135]

4.6.7.7 Les Opérations de Manipulation de Céréale--Les sources importantes des émissions de poussière de céréale sont le nettoyage, le roulement, le meulage, le mélange et le chargement de camions, de wagons, et de navires. Le transport

et le stockage des graines causent aussi des émissions de poussière. Pour leur contrôle, des cyclones de faible ou moyenne efficacité sont utilisés à cause des coûts élevés du fonctionnement et des problèmes d'entretient des cyclones multiples à efficacité importante. Pour les poussières plus grosses que 10 mμ, le filtre en tissu est préférée.[136]

Souvent, les courants d'air contenant de larges quantités de poussière sont passés au travers du cyclone pour réduire le volume de particules vulgaires d'un filtre en tissu. La réception, la manipulation et les opérations de stockage réclament un dispositif de capuchon protecteur et le transport de l'air chargé de particules vers un équipement de collecte. Pour les cônes de réception utilisés dans le déchargement de wagons ou de camions, l'air est dégagé depuis en dessous du système de grille. La vitesse du tirage inférieur varie de 0,51 à 1,53 m/s, dépendant du fait que le cône soit dans un bâtiment ou à l'extérieur exposé aux vents.

Les filtres en tissu dans une chambre à sac à pression fermée ou ouverte avec des sacs de coton tissés oscillés mécaniquement éliminent, selon un rapport, 99,9% des particules de 1 à 5 mμ.[97] Les rapports air-tissu sont d'environ 5:1. Les filtres contraires en tissus feutrés éliminent 99,9% des particules de 1 à 5 mμ avec des rapports air-tissu aussi importants que 15:1, bien que des rapports 12:1 soient plus communs.[137]

4.7 LES BRULEURS DE POST-COMBUSTION

Les brûleurs de post-combustion, qui sont utilisés pour éliminer les fumées, les vapeurs, les odeurs et les faibles concentrations de matières en particules depuis des petits volumes de gaz, sont de deux types: les brûleurs à flamme directe et les brûleurs catalytiques. Pour les matières en particules, les unités catalytiques ne conviennent pas en général. Par conséquent, la discussion suivante met l'accent sur les unités à flamme directe. Dans ces unités, l'élimination est limitée aux matières polluantes qui sont facilement combustibles et ainsi qui réclament un temps de rétention court dans des petits fours.

Quand des solides brûlent, la zône de combustion est confinée à la surface

de particules brûlants. A de basses températures, la vitesse de combustion est limitée par une cinétique chimique; à de fortes températures, la réaction est si rapide que la vitesse de l'alimentation en air contrôle la combustion.[138,139] Dans la zône entourant la particule, la température peut excéder celle de la surface de la particule et celle du gaz entourant de plusieurs centaines de degrés. Quand des gouttelettes liquides et des solides volatiles sont brûlés, la zône de combustion est loin de la surface de la particule et la vitesse de combustion dépend du transfert de la chaleur à la surface, qui cause l'évaporation et la décomposition thermale du solide.

Le transfert de chaleur depuis le brûleur vers la matière en particules gazeuse est important dans la détermination de la taille du four, des températures de fonctionnement, et des besoins en carburant d'incinérateurs de contact à flamme directe. Quand les gaz sont brûlés, le transfert de chaleur est effectué le mieux par mélange; quand les particules sont brûlées, le mécanisme le plus important est la radiation depuis la surface incandescente de la particule.[140,141] La radiation et la température uniforme du four peuvent être réalisées par mélange; quand les particules sont brûlées, le mécanisme principal est la radiation à partir du surface de la particule.[140,141] La radiation et la température uniforme peuvent être réalisées en augmentant l'émissivité de la flamme du brûleur--c'est à dire, en limitant l'alimentation en air pour produire une flamme charbonneuse, en utilisant un carburant avec un important rapport carbone-hydrogène, en additionant la suie et l'huile lourde aux flammes du gaz (carburation), en utilisant des brûleurs de faible vitesse, au travers d'un faible mélange d'air et de carburant, et en modifiant le plan du four.[142-144]

La plupart des brûleurs à flamme directe fonctionnent dans une variation de 923 à 1 090 K pour produire un maximum de combustion dans les limites imposées par le contact de la flamme, le mélange et le temps de rétention.[145] La Figure 4-70 illustre les effects de la vitesse de l'air et de la taille de la particule sur la vitesse de combustion du carbone.[146-148] Les effects de la taille de

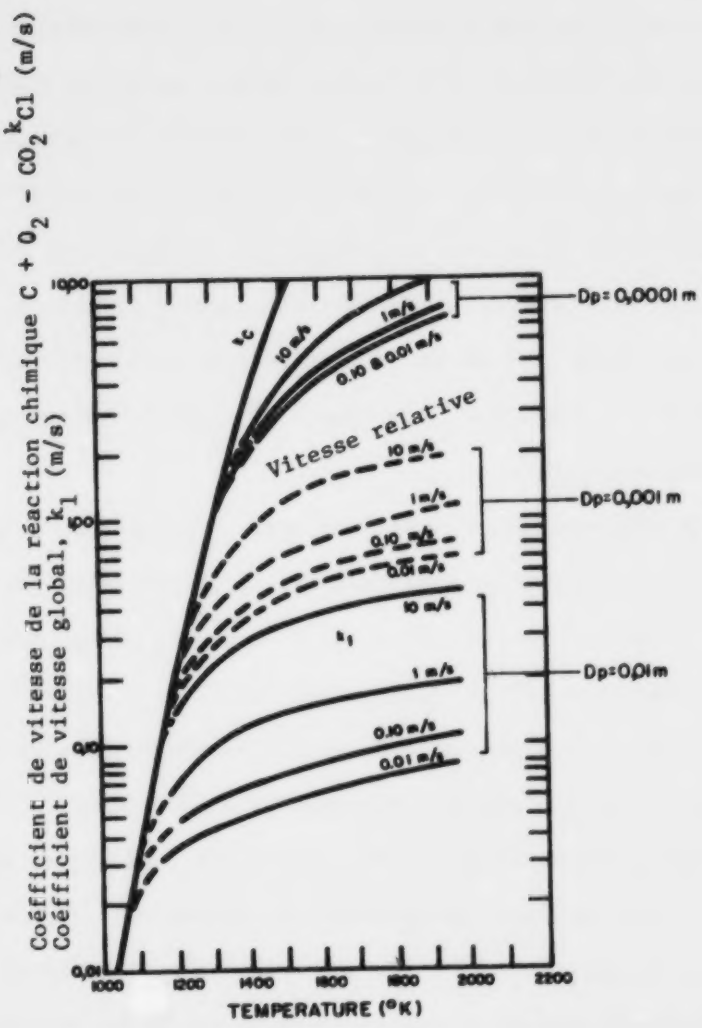


Fig. 4-70. Effet de la vitesse de l'air et du diamètre de la vitesse de combustion du carbone (D_p = diamètre de particule).

la particule, la température de réaction, la composition du gaz de combustion et la vitesse du gaz sur la vitesse de combustion du carbone, du charbon et d'un certain nombre d'autres composés a été également cherchés.[138,139,149-153]

Le préchauffage (induction) et le temps de combustion dictent le temps de rétention total des matières en particules dans le brûleur de post-combustion; le temps, à son tour, détermine la taille du four et l'efficacité. Le temps de préchauffage dépend de l'intensité de la combustion du brûleur qui varie de 37,3 $kJ/s\text{-}m^3$ pour des mélangeurs à jet à gaz de faible pression, à 18,65 $MJ/s\text{-}m^3$ pour des brûleurs mécaniques de prémélange. Une valeur type est 5,22 $MJ/s\text{-}m^3$ pour des brûleurs à orifices multiples à prémélange, à haute pression et à jet de gaz; ainsi, le temps nécessaire pour chauffer un gaz avec une capacité de chaleur de 1,22 kJ/m^3 depuis 366 à 1 255 K dans un four qui a une intensité de combustion de 5,22 $MJ/s\text{-}m^3$ serait de 0,208 secondes. Le temps de combustion dépend de la taille de la particule et de sa composition, de la température du four et de l'alimentation en oxygène, et de la vitesse du gaz et du mélange des combustibles. Les temps de combustion pour les matériaux différents ont été mis en corrélation et reportés dans des documents.[154]

En pratique, le temps de rétention minimum du gaz d'un four est d'environ 0,30 second à 922 K. Le temps de rétention de la particule peut être augmenter en planifiant la chambre de combustion sous la forme d'un cyclone, utilisant une petite entrée tangentielle, et en introduisant les gaz à grande vitesse (Fig. 4-71).[145] Les dimensions des cyclones de four sont choisies en utilisant une vitesse de gaz de 15 à 9,2 m/s.[145,155] Une bon mélange est obtenu en utilisant les paramètres prévus appropriés pour produire un écoulement turbulent dans le brûleur de post-combustion.

Les constantes de combustion pour un certain nombre de composés organiques sont présentés aux Références 138,139,146-154, et 156-158.

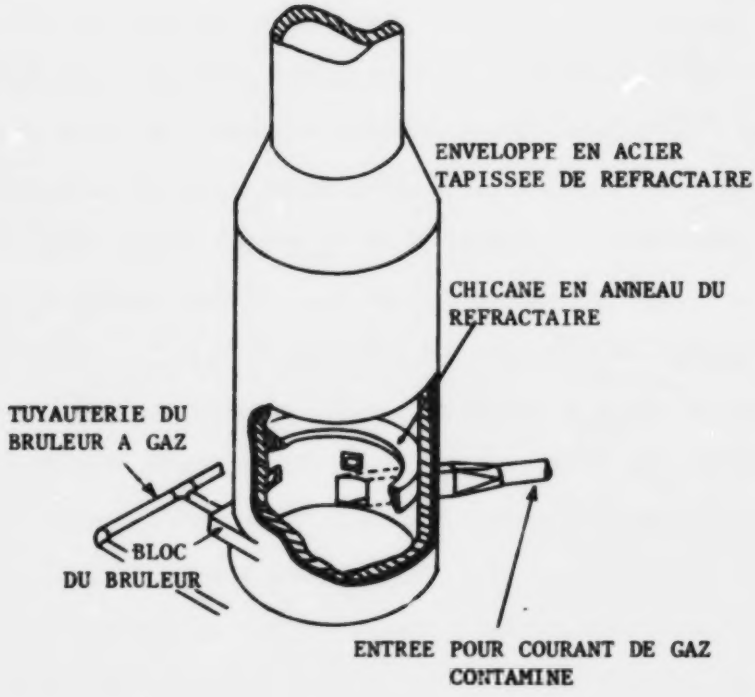


Fig. 4-7i Brûleur de postàcombustion type à allumage direct avec entrées tangentielles pour carburant et gaz contaminés à la fois.

REFERENCES

1. U.S. Bureau of the Census, Statistical Abstract of the United States: 1970. (91st edition.) Washington, D. C. 1970.

2. Jahrbuch f Bergbau, Energie, Mineröl und Chemie, 1971.

3. "Criteria for the Application of Dust Collectors to Coal-Fired Boilers." Results of an IGCI/ABMA Joint Technical Committee Survey.

4. "Modern Dust Collection for Coal-Fired Industrial Heating and Power Plants."Dans: Fuel Engineering Handbook, Section F-2, National Coal Association, Washington, D. C., Sept. 1961, 14 pp.

5. Moore, W. W. "Reduction in Ambient Air Concentration of Fly Ash--Present and Future." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Washington, D. C., PHS-Pub.-1649, 1967, pp. 170-178.

6. "Stack Sprays to Reduce Dust Emissions During Soot Blowing." Bituminous Coal Research Inc., Pittsburgh, Pa., 1965, 4 pp. (BCR Aid to Industry, 500-330).

7. Pollock, W. A., J. P. Tomany, et G. Frieling. "Removal of Sulfur Dioxide and Fly Ash from Coal Burning Power Plant Flue Gases." American Society of Mechanical Engineers, New York, Pub. 66-WA/CD-4, 1966, p. 8.

8. Sommerlad, R. E. "Fabric Filtration--'State of the Art'." Foster Wheeler Corp., Livingston, N. J., Mars 1967, 19 pp.

9. Lapple, C. E. Stanford Research Institute Journal, 5, 94 (Third Quarter, 1961).

10. Lapple, C. E. "Fluid and Particle Mechanics." University of Delaware, Newark, 1951, pp. 292-324, 353.

11. Jackson, R. "Survey of the Art of Cleaning Flue Gases." British Coal Utilization Research Assoc., Leatherhead-Surrey, England, 1959, 427 pp.

12. "What We Know About Air Pollution Control." Special Bulletin No. 1, Texas Cotton Ginners Association, Dallas, Texas, Mars 1965, 43 pp.

13. Lapple, C. E. "Fluid and Particle Dynamics." University of Delaware, Newark, 1952, 353 pp.

14. Rosin, P., E. Rammler, et W. Intelmann. "Grundlagen, und Grenzen der Zyklonenstaubung." (Principles and Limits of Cyclone-Dust Removal), V.D.I. Zeits, No. 76, pp. 433-437, Avril 1932.

15. Schmidt, K. G. StaubbekÄmpfung in der Giesserei-industrie, 2. Auflage, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1967.

16. Kanekawa, Akira, "An Double Head-Cut Cones Type Centrifugal Dust Collector." Texte en Japonais. Preprint, Japan Society of Chemical Engineering, Tokyo, 3p., 1971. (Presented at the Japan Society of Chemical Engineering Convention, Annual, 36th, Tokyo, Japan, 2-5 Avril 1971, Paper E310.)

17. Gluger, Josef et Hanke Siegfried, "The Influence of Dust Reagitation and of Drawing off the Boundary Layer on Collection Efficiency and Pressure Loss of Cyclone Collectors.Texte en allemand .Energie. Tech., 21(4):158-164,Avril 1971. 11 Refs.

18. Danielson, J. A. (ed.) "Air Pollution Engineering Manual." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, PHS Publ. 999-AP-40, 1967, 892, pp.

19. Perry, R. H., C. H. Chilton, et S. D. Kirkpatrick. "Chemical Engineers Handbook," 4th edition, McGraw-Hill, New York, 1963.

20. Hughson, R. V. "Controlling Air Pollution," Chem. Eng., Vol. 70, pp. 71-90, 1966.

21. "Cyclone Dust Collectors." American Petroleum Institute, Engineering Dept., New York, 1955, 65 pp.

22. Stoker, R. L. "Erosion Due to Dust Particles in a Gas Stream," Ind. Eng. Chem., 41(6):1196-1199, Juin 1949.

23. Buick, K. "Characteristic Differences Between a Three-Phase Dust Collector and a Cyclone."Texte en allemand Chem. Eng. Tech., 42(12):848,Juin 1970.

24. Stern, Arthur C. (ed.) "Air Pollution." Vol. II, Academic Press, New York, 1962, p. 291.

25. Larson, G. P., G. I. Fisher, et W. J. Hamming. "Evaluating Source of Air Pollution." Ind. Eng. Chem., 45, pp. 1070-1074, 1953.

26. Friedlander, S. K., L. Silverman, P. Drinker, et M. W. First. "Handbook on Air Cleaning." U.S. Atomic Energy Commission, Washington, D. C., Sept. 1952, 89 pp.

27. Dennis, R., G. A. Johnson, M. W. First, et L. Silverman. "How Dust Collectors Perform." Chem. Eng., 59, pp. 196-198, Février, 1952.

28. "Inventory of Air Contaminant Emissions." New York State Air Pollution Control Board, Albany, N.Y., Appendix C, Table 9, p. 22.

29. Silverman, L., M. W. First, G. S. Reichenbach, Jr. et P. Drinker. "Investigation of Aerosol Aggregation and Collection." Final Progress Report NYO-1527. U.S. Atomic Energy Commission, Washington, D. C., 1 Fév. 1950, 65 pp.

30. M. W. First, L. Silverman, R. Dennis, A. T. Rossano, C. Billings, E. Conners, R. Moschella, S. Friedlander, et P. Drinker. "Air Cleaning Studies." Progress Report NYO-1586 for 1 Fév. 1951 - 30 Juin 1952 ., U.S. Atomic Energy Commission, Washington, D. C.,

31. Perry, J. H. (ed.) "Chemical Engineers' Handbook." 3rd edition, McGraw-Hill, New York, 1950, pp. 1013-1050.

32. Gilbert, N. "Removal of Particulate Matter from Gaseous Wastes-Wet Collectors." American Petroleum Institute, New York, N.Y., 1961, 47 pp.

33. Lancaster, Brian W. et Werner Strauss. "A Study of Steam Injection into Wet Scrubbers," Ind. Eng. Chem. Fundamentals, 10(3):363-369, 1971, 13 Refs.

34. Ambient Purification Technology, Riverside, Calif. Wet Scrubber Handbook. FPA Contract No. CPA-70-95. Prepared for EPA Div. of Process Control Engineering, Office of Air Programs, Janvier, 1972.

35. "Gas Absorbers." Buffalo Forge Co., Bulletin AP-225, Buffalo, N.Y.

36. First, M. W., R. Moschella, L. Silverman, et E. Berly. "Performance of Wet Cell Washers for Aerosols." Ind. Eng. Chem., 43(6):1363-1370, Juin 1951.

37. Sheppard, S. V. "Control on Noxious Gaseous Emissions." Dans: Proc. Metropolitan Engineers Council on Air Resources Symp. "New Developments in Air Pollution Control," New York, N.Y., 1967, pp. 21-28.

38. Eckert, J. S. "Use of Packed Beds for Separation of Entrained Particles and Fumes from an Air Stream." J. Air Pollution Control Assoc., 16(2):95-98, Février 1966.

39. "U.O.P. Wet Scrubbers." Bulletin 608, U.O.P. Air Correction Div., Greenwich, Connecticut, 1967, pp. 4-5.

40. Harris, L. S. "Fume Scrubbing with the Ejector Venturi Systems." Chem. Eng. Prog., 62(4):55-59, Avril, 1966.

41. Kristal, E., R. Dennis, and L. Silverman. "A Study of Multiple Venturi Wet Collector." J. Air Pollution Control Assoc. 10(4): 204-211, Février, 1957.

42. Montross, C. F. "Entrainment Separation." Chem. Eng., 60, pp. 213-236, Oct. 1953.

43. Davis, R. J. et J. Truitt. "The Function of Condensing Steam in Aerosol Scrubbers." Oak Ridge National Lab, Tennessee, National Air Pollution Control Contract, AEC Contract W-7405-ENG-26, Rept. ORNL-4654, 161 pp., Mars 1971, 41 Refs.

44. Aeronetics, Inc., Tullahoma, Tenn. "Scrubbing System Removes Submicron Particles." Chem. Eng., Vol. 78:96,98, 20 Septembre 1971.

45. Hahnmann, Horst W. "Clean Air with Hot Water Ejectors." Texte en allemand Umwelt (Duesseldorf), 1(6):46, Déc./Jan. 1971. 1 Ref.

46. Hesketch, H. E., A. J. Engel, et S. Calvert. "Atomization--A New Type for Better Gas Scrubbing." Atmos. Environ., 4(6):639-650, Nov. 1970. 18 Refs.

47. Rheinfrank, Lamson, Jr. et Stanley A. Reigel. "New Sonic Collector--An Air Pollution Breakthrough." Preprint, Air Pollution Control Assoc., Pittsburgh, Pa., 19 p., 1970. 5 Refs. Présenté à Air Pollution Control Association Annual Meeting, 63rd, St. Louis, Mo., 1970, paper 70-9.

48. Walker, A. B. et R. M. Hall. "Operating Experience with a Flooded Disk Scrubber--A New Variable Throat Orifice Contractor." J. Air Pollution Control Assoc., 18(5):319-323, Mai 1968 .. (Présenté au the Annual Meeting, Air Pollution Control Association, Cleveland, Ohio, 11-16 Juin 1967 Paper #67-147).

49. Stairmand, C. J. "The Design and Performance of Modern Gas Cleaning Equipment." J. Inst. Fuel, 29, 58-76, Février 1956.

50. "Schmieg Vertical--Rotor Dust Collector." Schmieg Industries Catalog 101A, Detroit, Michigan, 1963.

51. Blasewitz, A. G. et B. F. Judson. "Filtration of Radioactive Aerosols by Glass Fibers." Chem. Eng. Prog., 51(1):6-11, Jan. 1955.

52. York, O. H. et E. W. Poppele. "Wire Mesh Mist Eliminators." Chem. Eng. Prog., 59(6):45-50, Juin 1963.

53. Fullerton, R. W. "Impingement Baffles to Reduce Emissions from Coke Quenching." U.S. Steel Corp., Paper 67-93, Applied Research Lab, Monroeville, Pennsylvania, 1967. Aussi: J. Air Pollution Control Assoc., 17(12):807-809, Déc. 1967.

54. Blosser, R. O. et H. B. H. Cooper, Jr. "Trends in Reduction of Suspended Solids in Kraft Mill Stack." Paper Trace J., 151(11): 46-51, 13 Mars 1967.

55. "Stack Sprays to Reduce Dust Emissions During Soot Blowing." Bituminous Coal Research, Inc., Pittsburgh, Pennsylvania, 1957, 4 pp. (Aid to Industry 500-330).

56. Perry, R. H., C. H. Chilton, et S. D. Kirkpatrick. "Chemical Engineers' Handbook." 4th edition, McGraw-Hill, New York, 1963, pp. 18-85.

57. Massey, O. D. "How Well Do Filters Trap Stray Stack Mist?" Chem. Eng., 143-146, 13 Juillet 1959.

58. Storch, H. L. "Product Losses Cut with a Centrifugal Gas Scrubber." Chem. Eng. Prog., 62(4):51-54, Avril 1966.

59. Powers, E. D. "Control and Collection of Industrial Dusts." Rock Prod., 48:92-94, Juin 1945.

60. Jackson, J. "Gas Cleaning by the Foam Method." Brit. Chem. Eng., 8(5):319-321, Mai 1963.

61. Pozin, M. E., I. P. Mukhlenov, and F. Ya Tarant. "The Foam Method of Treating Bases and Liquids." Goskhimizdat, 1955. (Texte en Russe).

62. "Anti-Spray." R. O. Hull and Co., Bulletin 717, Cleveland, Ohio, 1964.

63. "Rohco No-Cro-Mist." R. O. Hull and Co., Bulletin 706, Cleveland, Ohio, 1964.

64. Scheldhammer, A., (ed.) "Allplas System is Simple Cure for Acid Fumes." Air Eng., 10(1):12, Jan. 1968.

65. Teller, A. J. "Crossflow Scrubbing Process." U. S. Patent No. 3,324,630, 13 Juin, 1967, 8 pp.

66. "Hydro Filter." Bulletin N-20, National Dust Collector Corp., Skokie, Illinois.

67. "Hydraulic Scrubbing Towers." Bulletin AP-525A, Buffalo Forge Co., Buffalo, N. Y., 1957.

68. Doyle, H. et A. F. Brooks. "The Doyle Scrubber." Ind. Eng. Chem., 49(12):57A-62A,Déc . 1957.

69. Wilson, Earl L. "Statement Presented at Subcommittee on Air and Water Pollution of the Committee on Public Works." U.S. Senate, 90th Congress, First Session on S. 780, Part 41. Government Printing Office, Washington, D. C., 1967, 2630 pp.

70. Jamison, R. M., V. W. Hanson, et O. M. Arnold. "Performance Testing Data on Mechanically Energized Spray Wet Type Dust Collectors." Air Eng., 7(6):26-28, 30-31, 37, Juin 1965.

71. "Roto-Clone Dynamic Precipitator Type W." American Air Filter Bulletin 274-F, Louisville, Kentucky, 1965, pp. 1-15.

72. "The Joy Microdyne Dust Collector." Western Precipitator Co. Bulletin J110, Los Angeles, California, 1966, 7 pp.

73. Rice, O. R. et C. G. Bigelow. "Disintegrators for Fine Cleaning Blast Furnace Gas." Amer. Inst. of Mining and Metall. Eng., Février 1950.

74. Brink, J. A., Jr. "Air Pollution Control with Fiber Mist Eliminators." Can. J. Chem. Eng., 41:134-138, Juin 1963.

75. Brink, J. A., Jr., W. F. Burggrabe, et J. A. Rauscher. "Fiber Mist Eliminator for Higher Velocities." Chem. Eng. Prog., 60(1):68-73, Nov. 1964.

76. Conway, R. A. et V. H. Edwards. "How to Design Sedimentation Systems from Laboratory Data." Chem. Eng. 68(10):167-170, 18 Sept. 1961.

77. Rickles, R. W. "Waste Recovery and Pollution Abatement." Chem. Eng., 133-152, 27 Sept, 1965.

78. Busch, A. W. "Liquid-Waste Disposal System Design." Chem. Eng., 83-86, 29 Mars 1965.

79. Zhevnovatyi, A. N. "The Influence of the Basic Parameters of Hydrocyclone-Thickeners on their Operating Efficiency." Ind. Chem. Eng. 2(4):580-584, Oct. 1962.

80. Brooke, M. "Corrosion Inhibitor Checklist." Chem. Eng., 134-140, 5 Fév. 1962.

81. Jacobs, H. L. "In Waste Treatment, Know Your Chemicals, Save Money." Chem. Eng., 87-92, 30 Mai 1960.

82. Dickerson, B. W. et R. M. Brooks. "Neutralization of Acid Wastes." Ind. Eng. Chem., 42(4):599-605, Avril 1950.

83. "Manual on Disposal of Refinery Wastes." Vol. II, "Waste Gases and Particulate Matter." 5th edition, American Petroleum Institute, Div. of Refining, New York, N. Y., 1957, 68 pp.

84. "Manual on Disposal of Refinery Wastes." Vol. III, "Chemical Wastes." 4th edition, American Petroleum Institute, Div. of Refining, New York, N. Y., 1960, 28 pp.

85. "Manual on Disposal of Refinery Wastes." Vol. VI, "Solid Wastes." 1st edition, American Petroleum Institute, Div. of Refining, New York, N. Y., 1963, 51 pp.

86. Warner, D. L. "Deep-Well Disposal of Industrial Wastes." Chem. Eng. 72(1):73-78,4 Jan., 1965.

87. Betz, W. H. et L. D. Betz. "Handbook of Industrial Water Conditioning." 4th edition, W. H. and L. D. Betz Co., Philadelphia, Pa., 1953, 248 pp.

88. Air Pollution Control Equipment Ceilcote Co., Bulletin 12-1, Berea, Ohio, 1967, 23 pp.

89. Jackson R. et E. R. Waple. "The Elimination of Dust and Drizzle for Quenching Towers." Gas World, 75-84, 7 Mai, 1960.

90. Southern Research Institute, Birmingham, Ala. "A Manual of Electrostatic Precipitator Technology--Fundamentals (Vol. I) and Application Areas (Vol. II)." NAPCA Contract No. CPA 22-69-73, Août 1970.

91. White, H. J. "Industrial Electrostatic Precipitation." Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1963.

92. Reese, J. T. et J. Greco. "Experience with Electrostatic Fly-Ash Collection Equipment Serving Steam-Electric Generating Plants." J. Air Pollution Control Assoc., 18(8):523-528, Août 1968.

93. Baxter, W. A. "Recent Electrostatic Precipitator Experience with Ammonia Conditioning of Power Boiler Flue Gases." (Présenté au 61st Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, St. Paul, Minnesota, 23-27 Juin,, 1968, Paper 68-67.

94. Vincent, James H. et Julius V. Przygocki. "Evolution of a Grid-Type Electrostatic Precipitator." Preprint, Air Pollution Control Assoc., Pittsburgh, Pa., 29 pp., 1971. 5 Refs. (Présenté au Air Pollution Control Association, Annual Meeting, 64th, Atlantic City, N. J., 27 Juin à 2 Juillet 1971, Paper 71-126).

95. Danielson, J. A. (ed.) "Air Pollution Engineering Manual." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, PHS Pub.-999-AP-40, 1967, pp. 155-166.

96. "Westinghouse Corp. Instruction Book 1450-3." Sturtevant Div., 1962.

97. Friedrick, H. E. "Primer on Fabric Dust Collection." Air Eng., 9:26-30, Mai 1967.

98. Silverman, L. "Filtration Through Porous Materials." American Ind. Hyg. Assoc. Quart., 11:11-20, Juillet 1950.

99. "Factors Affecting the Selection of Fabric Type Dust Collectors." Industrial Gas Cleaning Institute, Box 448, Rye, New York, Oct. 1963.

100. GCA Corporation, GCA Technology Division, Bedford, Mass. "Fabric Filter Systems Study (4 Vols.)." NAPCA Contract No. CPA 22-69-38, Déc. 1970.

101. "Control of Particulate Emissions." Training Manual, U.S. Public Health Service, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, Avril 1964.

102. Spaite, P. W., D. Stephan, et A. Rose, Jr. "High Temperature Fabric Filtration of Industrial Gases." J. Air Pollution Control Assoc., 11(5):243-247, Mai 1961.

103. Silverman, L. "Technical Aspects of High Temperature Gas Cleaning for Steel-Making Processes." Air Repair, 4:189, Fév. 1956.

104. Rosebush, W. H. "Filtration of Aerosols." Dans: Handbook on Aerosols, U.S. Atomic Energy Commission, Washington, D. C., Chapt. 9, 1950. Reprinted 1963, pp. 117-122.

105. Licht, W. "Removal of Particulate Matter from Gaseous Waste-Filtration." Univ. of Cincinnati, Ohio. (Préparé pour l'American Petroleum Institute, New York), 1961.

106. Simon, H. "Air Pollution Engineering Manual." County of Los Angeles Air Pollution Control District, Chapt. 4, Section C. Jan. 1964 (Unpublished).

107. Frederick, E. R. "How Dust Filter Selection Depends Upon Electrostatics." Chem. Eng., 68(13):107-114, 26 Juin,, 1961.

108. Adams, R. L. "High Temperature Cloth Collectors." Chem. Eng. Proc., 62(4):67, Avril, 1966.

109. Culhane, F. R. "Air Pollution Control Production Baghouses." Chem. Eng. Prog., 64(1):65, Jan. 1968.

110. Chase, F. R. "Application of Self-Contained Dust Collectors." (Présenté au 12th Annual Michigan Industrial Ventilation Conference, Michigan State University, East Lansing, Mich., 1963). (Available from Torit Manufacturing Co., 1133 Rankin St., St. Paul, Minn.)

111. "The Mikro-Pulsaire Dust Collector." Slick Industrial Co., Bulletin PC-2, Pulverizing Machinery Div., Summit, N. J., 1967, p. 9.

112. French, R. C. "Filter Media." Chem. Eng., 70(21):171-192, 14 Octobre, 1963.

113. Stephan, D. G. "Dust Collector Review." Trans. American Foundrymen's Soc., 68:1-9, 1960. (Reprint available from U.S. Public Health Service, U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Cincinnati, Ohio.)

114. Gusman, I. J. et R. C. Harton. "Fiber Glass Fabric Filters for High Temperature Dust and Fume Control." J. Air Pollution Control Assoc., 13(6):266-267, Juin 1963.

115. "Engineering Fabrics for Industry." Wellington Sears Co., West Point-Pepperall Inc., New York, 1966, p. 7.

116. "Carter Day Dust Filter, Type CS." Carter Day Co., Bulletin L-1126R2, Minneapolis, Minn., Juin 1968.

117. Spaite, P. W., J. E. Hagan, et W. F. Todd. "A Protective Finish for Glass-Fiber Fabrics." Chem. Eng. Prog., 59(4):54-57, Avril, 1963.

118. Sommerlad, R. E. "Fabric Filtration, State of the Art." (Présenté au Electric Generation Seminar on Air Pollution, the Graduate School, U.S. Dept. of Agriculture, 6 Mars, 1967). (Available from Foster Wheeler Corp., Livingston, N. J.).

119. "Dust Collection with Fabric of Nomex--Preliminary Information." E. I. DuPont Co., Bulletin No. 87, Wilmington, Delaware, 1 Août, 1966.

120. Adams, R. L. Documentation privée, Wheelabrator Corp., Mishawaka, Ind., 12 Juillet, 1968.

121. Clement, R. L. "Selection, Application and Maintenance of Cloth Dust Filter." Plant Eng., 15(8):92-97, Août 1961.

122. American Air Filter Co., Inc. Bulletin 279E, Louisville, Ky., Février 1967.

123. Hersey, H. J., Jr. "Reverse-Jet Filters." Industrial Chemist, 31:362, Mars 1955.

124. "Aerotron Dust Collectors. Type B." Buffalo Forge Co. Bulletin AP-650, Buffalo, New York, Déc. 1962.

125. Stephan, D. G., G. Walsh, et R. Herrick. "Concepts in Fabric Air Filtration." J. Am. Ind. Hyg. Assoc. 12:1-14, Fév. 1960.

126. Pring, R. T. "Filtration of Hot Gases." Air Repair 4(1):40-45, Mai 1954.

127. "Southwestern Portland Filters Hot Kiln Gases." Pit and Quarry, Oct. 1958.

128. Jones, A. H. "How to Get Your Money's Worth When Buying and Installing Cloth Dust Collection Equipment." (Présenté au Rock Products Seminar, Chicago, Ill., 27 Novembre 1967).

129. Kreichelt, T. E., D. A. Kemnitz, et S. T. Cuffe. "Atmospheric Emissions from the Manufacture of Portland Cement." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, PHS-Pub.-999-AP-17, 1967.

130. Harrison, B. P., Jr. "Baghouse Cleans 500°F Cement Kiln Gases." Air Eng., 5(3):14-16, Mars 1963.

131. Spaite, P. W., D. G. Stephan, et A. H. Rose, Jr. "High Temperature Fabric Filtration of Industrial Gases." J. Air Pollution Control Assoc., 11(5):243-258, Mai 1961.

132. Adams, R. L. "Application of Baghouses to Electric Furnace Fume Control." J. Air Pollution Control Assoc., 14(8):299-302, Août 1969.

133. Herrick, R. A. "A Baghouse Test Program for Oxygen Lanced Open Hearth Fume Control." J. Air Pollution Control Assoc., 13(1):28-32, Jan. 1963.

134. Herrick, R. A., J. W. Olsen, et F. A. Ray. "Oxygen-Lanced Open Hearth Furnace Fume Cleaning with a Glass Fabric Baghouse." J. Air Pollution Control Assoc., 16(1):7-10, Jan. 1966.

135. Drogin, I. "Carbon Black." J. Air Pollution Control Assoc., 18(4): 216-228, Avril 1968.

136. Cote, W. A. "Grain Dust Emissions and Our Atmosphere." Proc. National Symposium on Air Pollution, Washington, D. C., 12 Janvier 1967, 65-74.

137. Noland, R. "Technological Developments in Plant and Equipment Designs for Air Pollution Control." Proc. National Symposium on Air Pollution, Washington, D. C.,11-12 Jan. , 1967, 81-92.

138. Kobayashi, K. "Combustion of a Fuel Droplet." In: Fifth Symposium on Combustion, Pittsburgh, Reinhold Publishing Co., New York, Pub. No. 1955, 1954, 141-148.

139. Spaulding, D. B. "Heat and Mass Transfer in the Combustion of Liquid Fuels." American Society of Mechanical Engineers, published by the Institution of Mechanical Engineers, Story's Gale, London, England, 11-13 Spt. 1951, pp. 345-348.

140. Topper, L. "Radiant Heat Transfer from Flames in a Turbojet Combustor." Ind. Eng. Chem., 46(12):2551-2558, Déc.1954.

141. Eckert, E. R. G. et R. M. Drake, Jr. "Heat and Mass Transfer." 2nd edition, McGraw-Hill, New York, 1959, 530 pp.

142. Trinks, W. et J. D. Keller. "Tests of Radiation from Luminous Flames." Trans. American Society Mechanical Engineers, 58:203-210, 1936.

143. Sherman, R. A. "Radiation from Luminous and Non-Luminous Natural Gas Flame." Trans. American Society Mechanical Engineers, 56: 177-185, 1934.

144. Thring, M. W. "The Radiative Properties of Luminous Flames." Dans:Proceedings of the International Heat Transfer Conference, Août 1966, pp. 101-111.

145. Danielson, J. A. (ed.) "Air Pollution Engineering Manual." U.S. Public Health Service, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, PHS Pub.-999-AP-40, 1967, 171-193.

146. Yagi, Sakae et D. Kunii. "Combustion of Carbon Particles in Flames and Fluidized Beds."Dans: Fifth Symposium on Combustion, Pittsburgh, Reinhold Publishing Company, New York, 1954, 231-244.

147. Browning, J. A., T. L. Tyler, et W. G. Kran. "Effect of Particle Size on Combustion of Uniform Suspensions." Ind. Eng. Chem., 49 (1):142-147, Jan. 1957.

148. Godsave, G. A. E. "Studies of the Combustion of Drops in a Fuel Spray--The Burning of Single Drops of Fuel."Dans: Proceedings of the 4th Symposium on Combustion, Cambridge, Mass., Williams and Wilkins Co., Baltimore, Md., Pub. No. 1953, Sept. 1952, pp. 818-830.

149. Gregory, C. A., Jr.et H. F. Calcote. "Combustion Studies of Droplet-Vapor Systems." Dans: Proceedings of the 4th Symposium on Combustion. Cambridge, Mass., Williams and Wilkins Co., Baltimore, Md., Pub. No. 1953, Sept. 1952, pp. 830-837.

150. Smith, D. F. et A. Gudmundsen. "Mechanism of Combustion of Individual Particles of Solid Fuels." Ind. Eng. Chem., 23(3): 277-285, Mars 1931.

151. Parker, A. S. et H. C. Hottel. "Combustion Rate of Carbon." Ind. Eng. Chem., 28(11):1334-1341, Nov. 1936.

152. Hottel, H. C., G. C. Williams, et H. C. Simpson. "Combustion of Droplets of Heavy Liquids Fuels." Dans: Fifth Symposium on Cumbustion, Pittsburgh, Reinhold Publishing Co., New York, Pub. No. 1955, 1954, pp. 101-129.

153. Nishiwaki, N. "Kinetics of Liquid Combustion Processes. Evaporation and Ignition Lag of Fuel Droplets." Dans: Fifth Symposium on Combustion, Pittsburgh, Reinhold Publishing Co., New York, Pub. No. 1955, 1954, pp. 148-158.

154. Field, M. A., D. W. Gill, B. B. Morgan, et P. G. W. Hawksley. "Combustion of Pulverized Coal." British Coal Utilization Research Association, Leatherhead, England, 1967, 413 pp.

155. Volheim, G. "The Catalytic Afterburning of Industrial Effluents." 25(11):20-26, Nov. 1965.

156. Orning, A. A. "Combustion of Pulverized Fuel--Mechanism and Rate of Combustion of Low Density Fractions of Certain Bituminous Coals." Trans. Am. Soc. Mech. Eng., 64:497-508, 1942.

157. Gamble, B. L. "Control of Organic Solvent Emissions in Industry." Paper 68-48, 61st Annual Meeting, Air Pollution Control Assoc., St. Paul, Minnesota, 23-27 Juin 1968.

158. Mills, J. L., W. F. Hammond, et R. C. Adrian. "Design of Afterburners for Varnish Cookers." (Présenté au 52nd Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, Los Angeles, Calif., Juin; 1959.) J. Air Pollution Control Assoc., 10:161-168, 1960.

5. LES FACTEURS D'EMISSION POUR LES SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES

Un facteur d'émission est une moyenne statistique de la vitesse à laquelle les polluants sont émis depuis la combustion (ou le traitement) d'une quantité donnée de matériel. (Les facteurs peuvent être basés sur certains paramètres significatifs, tel que le nombre de miles parcouru par un véhicule.) Pour déterminer chaque facteur, les données reliables depuis la source ou le groupe sont rassemblées, collectées avec une information sur l'utilisation du procédé, et mises en table. Soit une moyenne ou une échelle des valeurs est sélectionnée.

Quelques facteurs d'émissions sont basés sur des données limitées; d'autres, sur des données étendues qui sont fortement variables; et d'autres encore, sur des données extensives et consistantes. C'est pourquoi il est important que la précision des données soit évaluée avant que le facteur ne soit utilisé pour les émissions estimées.

En général, les facteurs d'émission pour des pollutants de l'air en particules ne sont pas des indicateurs précis pour tout processus, même si les détails de ce processus sont connus. Ils sont plus valables quand ils sont appliqués à un certain nombre de processus.

Les facteurs d'émission qui sont énumérés au Tableau 5-1 se font à partir de sources contrôlées excepté celles anotées dans le tableau. Les exemples qui montrent comment les facteurs d'émission sont utilisés suivent le tableau.

Tableau 5-1. TAUX D'EMISSION INCONTROLÉE POUR DES SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES[1]

Type de Source d'Emission			Taux d'Emission (g/kg)[1]
SOURCE FIXE DE COMBUSTION DE CARBURANT			
Charbon Bitumineux:			
Four plus grand que (30 MJ/s)			
Général	(voir note 2)		8,0
Fond humide	(voir note 2)		6,5
Fond sèche	(voir note 2)		8,5
Avec cyclone	(voir note 2)		1,0
Four de (3 à 30 MG/s)			
Etaleur chargeur	(voir note 2)		6,5
Tous les autres	(voir note 2)		2,5
Four de moins que (3 MJ/s)			1,0
Unité chauffée à la main			10,0
Anthracite:			
Four à fond sèche	(voir note 2)		8,5
Etlaeur sur-alimenté	(voir note 2)		1,0
Unité chauffée à la main			5,0
Huile Lourde:			
Centrale		kg/m^3 0,96	
Unité industrielle/commerciale			
Residentiel		kg/m^3 2,76	
Distillat		kg/m^3 1,8	
Unité domestique		kg/m^3 1,2	
Gaz Naturel:			
Centrale		$kg/10^6 m^3$ 256	
Chaudière à procédé industriel		$kg/10^6 m^3$ 288	
Unité de chauffage domestique/commercial		$kg/10^6 m^3$ 304	
Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL):			
Four à procédé industriel			
Butane		g/m^3 216	
Propane		g/m^3 204	
Four domestique/commerciale			
Butane		g/m^3 228	
Propane		g/m^3 216	
Bois et Ecorce			12,5-15

Voir notes à la fin du Tableau.

TAUX D'EMISSION INCONTROLEE POUR DES SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES--Suite

Type de Source d'Emission		Taux d'Emission (g/kg)[1]
ELIMINATION DES DECHETS SOLIDES		
Incinérateur de Déchets:		
Municipal à chambre multiple		
Sans chambre de décantation et système de pulvérisation d'eau		15,0
Avec chambre de décantation et système de pulvérisation d'eau		7,0
Industriel/commercial		
Chambre multiple		3,5
Chambre unique		7,5
Avec contrôle		0,7
Alimentation par carneau		15,0
Alimentation par carneau modifié		3,0
Chambre unique domestique		
Sans brûleur primaire		17,5
Avec brûleur primaire		3,5
Pathologique		4,0
Incinérateur de carosserie de voiture:		
Sans brûleur de post-combustion	kg/voiture	0,9
Avec brûleur de post-combustion	kg/voiture	0,7
Brûleur Conique:		
Déchets municipaux		10,0
Bois (dépendant de l'ajustement du brûleur)		0,5-10,0
Combustion à Ciel Ouvert:		
Déchets municipaux		8,0
Composés de voiture		50,0
Déchets d'horticulture		
Brûlage de champ agricol		8,5
Déchets de paysage et délaguage		8,5
Bois		8,5
SOURCE MOBILE DE COMBUSTION		
Véhicules à Moteur à Essence	kg/m^3	1,02
Diesel:		
Camion ou autobus	kg/m^3	1,56
Locomotive	kg/m^3	3,00

Voir notes à la fin du Tableau.

TAUX D'EMISSION INCONTROLEE POUR DES SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES--Suite

Type de Source d'Emission		Taux d'Emission (g/kg)[1]
Avion:		
Turboréacteur		
Jumbo jet	kg/moteur-LTO*	4,54
Longue portée	kg/moteur-LTO	3,63
Moyenne portée	kg/moteur-LTO	3,18
Turbojet	kg/moteur-LTO	4,99
Turbopropulseur	kg/moteur-LTO	2,72
Arbe à hélice de turbine	kg/moteur-LTO	1,36
Piston		
Transport	kg/moteur-LTO	2,27
Léger	kg/moteur-LTO	0,09
Vaisseau:		
Bateau à vapeur		
En service	kg/km	0,1
Au mouillage	kg/jour	6,8
Bateau à moteur		
En service	kg/km	0,5
Au mouillage	kg/jour	7,5
INDUSTRIE A PROCEDE CHIMIQUE		
Fabrication de Noir de Fumée:		
Procédé de noir au tunnel		1 150
Procédé de noir par voie thermique		Neg
Four à gaz ou à huile (dépendant de degré de contrôle)		5,0-110
Fabrication de Charbon de Bois (sans récupération chimique)		200
Fabrication d'Explosifs:		
Régénérateur d'acide sulfurique		0,2
Incinérateur à eau rouge		18,0
Fabrication d'Acide Hydrofluorique (meulage/séchage de fluorspar)		10,0
Fabrication de la Peinture		1,0
Production d'Acide Phosphorique (processus therman):		
Avec tour tassée		2,3
Avec séparateur venturi		2,8
Avec éliminateur de brume de la fibre de verre		1,5
Avec éliminateur de brume à maille en fil		1,4
Avec éliminateur de brume à chute de pression importante		0,1
Avec dépoussiéreur électrostatique		0,9

Voir notes à la fin du Tableau

*LTO - Landing and Takeoff (Atterissage et décollage)

TAUX D'EMISSION INCONTROLEE POUR DES SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES--Suite

Type de Source d'Emission	Taux d'Emission (g/kg)[1]
Fabrication de Plastique:	
Chlorure de polyvinyle	17,5
Polypropylène	1,5
Autres	2,5-5,0
Mélange de Pigment d'Encre à Imprimer	1,0
Détergents à Séchage par Pulvérisation:	
Sans contrôle	45,0
Avec cyclone	7,0
Avec cyclone et chambre de pulvérisation	3,5
Avec cyclone et séparateur tassé	2,5
Avec cyclone et séparateur venturi	1,5
Transport de Cendre de Soude et Transfert	3,0
INDUSTRIE DE L'ALIMENTATION ET DE L'AGRICULTURE	
Séchage de Luzerne:	
Sans collecteur à chambre à sac	30,0
Avec collecteur à chambre à sac	1,5
Grillage de Café:	
Grilleur à allumage direct	3,8
Grilleur à allumage indirect	2,1
Broyeur et refroidisseur	0,7
Séchoir par pulvérisation de café instantané	0,7
Egrenage de Coton:	
Ventilateur non chargé	kg/balle 2,3
Epurateur	kg/balle 0,45
Poinçonneur et machine à couper	kg/balle 1,4
Divers	kg/balle 1,4
Manipulation de Céréale et Traitement:	
Ascensceur terminal	
Transport ou réception	0,5
Transfert, transport, etc.	0,1
Criblage et épuration	2,5
Séchage	3,0

Voir notes à la fin du Tableau

TAUX D'EMISSION INCONTROLEE POUR DES SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES--Suite

Type de Source d'Emission	Taux d'Emission (g/kg)[1]
Ascenseur de campagne	
Transport ou réception	2,5
Transfert, transport, etc.	1,5
Criblage, nettoyage	4,0
Séchage	3,5
Traitement de la farine	2,5
Traitement du soja	3,5
Nettoyage du silo	0,2
Epuration de l'orge et du blé	0,1
Meulage de la farine d'orge	1,5
Fabrication d'alimentation en orge	1,5
Fermentation:	
Bière	
Manipulation de céréale	1,5
Séchage du céréale consommé	2,5
Whiskey	
Manipulation du céréale	1,5
Séchage du céréale consommé	2,5
Vin	Nég
Séchage de la Farine de Poisson	0,05
Fumage de la Viande:	
Sans contrôle	0,15
Avec contrôle	0,05
Engrais au Nitrate:	
Tour d'agglomération	0,45
Séchoir et refroidisseur avec tour d'agglomération	6,0
Granulateur	0,2
Séchoir et refroidisseur avec granulateur	3,5
Fabrication d'Engrais du Phosphate:	
Meulage et séchage normals de superphosphate	4,5
Phosphate de diammoniaque	
Séchoir-refroidisseur	40,0
Ammoniaqueur-granulateur	1,0
Fabrication de l'Amidor:	
Sans contrôle	4,0
Avec contrôle	0,01

Voir notes à la fin du Tableau

TAUX D'EMISSION INCONTROLEE POUR DES SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES--Suite

Type de Source d'Emission		Taux d'Emission (g/kg)[1]
Traitement du Sucre de Canne:		
Brûlage de champ	g/m^2	25,2
Brûlage de bagasse	g/m^2	12,0
INDUSTRIE METALLURGIQUE		
Réduction du Minerais d'Aluminium:		
Elément électrolytique		
Précuisson		27,5
Soderberg à support double horizontal		70,0
Soderberg à support double vertical		40,0
Grillage de l'hydroxyde d'aluminium		10,0
Fabrication du Coke:		
Cokéfaction de sous-produit		
Sans chargement		0,2
Chargement		0,75
Cokéfaction		0,05
Décharge		0,3
Trempage		0,45
Four à ruche		100
Fonte Primaire du Cuivre:		
Grillage		22,5
Fonte		10,0
Conversion		30,0
Raffinage		5,0
Fonte de Ferroalliage:		
Four électrique ouvert		
50% FeSi		100
75% FeSi		158
90% FeSi		282
Métal de silicium		312
Silicomanganèse		98,0
Four électrique semi-couvert--ferromanganèse		22,5
Production de Fer:		
Haut fourneau		
Charge du minerais		55,0
Charge d'aggloméré		20,0
Frittage		
Boîte à vent		10,0
Décharge		11,0

Voir notes à la fin du Tableau.

TAUX D'EMISSION INCONTROLEE POUR DES SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES--Suite

Type de Source d'Emission	Taux d'Emission (g/kg)[1]
Production d'Acier:	
Four Martin	
Lance à oxygène	11,0
Lance sans oxygène	6,0
Four à oxygène basique	23,0
Four à arc électrique	
Lance à oxygène	5,5
Lance sans oxygène	3,5
Assemblage	10,0
Fonte Primaire de Plomb:	
Broyage et frittage	25,0
Haut fourneau	37,5
Four à réverbère	6,0
Fonte Primaire du Zinc:	
Grillage	60,0
Frittage	45,0
Retort horizontal	4,0
Retort vertical	50,0
Procédé électrolytique	1,5
Fonte Secondaire d'AJuminium:	
Four à ressuérage	7,25
Four à creusets	0,95
Four à réverbère	2,15
Station de chlorination — g/kg de chlore utilisé	500
Fonte de Laiton et de Bronze:	
Haut fourneau	9,0
Four à creusets	8,0
Four à cubillot	36,5
Four à induction électrique	1,0
Four à réverbère	35,0
Four rotatif	30,0
Fonderie d'Acier Gris:	
Four à cubillot	
Sans contrôle	8,5
Avec couvercle humide	4,0
Avec séparateur à choc	2,5
Avec séparateur à haute énergie	0,4
Avec dépoussiéreur électrostatique	0,3
Avec chambre à sac	0,1

Voir notes à la fin du Tableau.

TAUX D'EMISSION INCONTROLEE POUR DES SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES--Suite

Type de Source d'Emission	Taux d'Emission (g/kg)[1]
Four à réverbères	1,0
Four à induction électrique	0,75
Fonte du Plomb Secondaire:	
Four à creuset	
Sans contrôle	0,4
Avec contrôle	Nég.
Four à réverbères	
Sans contrôle	65,0
Avec contrôle	0,8
Haut fourneau (cubillot)	
Sans contrôle	95,0
Avec contrôle	1,2
Four à réverbère rotatif	
Sans contrôle	35,0
Fonte du Magnésium:	
Four à fonte	
Sans contrôle	2,0
Avec contrôle	0,2
Fonderie d'Acier:	
Four de fonte	
Arc électrique	6,5
Martin	5,5
Martin à lance à oxygène	5,0
Induction électrique	0,05
Fonte Secondaire du Zinc:	
Four à réduction à retort	23,5
Four à mouffle horizontal	22,5
Four à creuset	0,05
Four à ressuage à étain	
Ferraille métallique propre	Nég
Ferraille métallique ordinaire	5,5
Ferraille résiduelle	12,5
Four à réverbère à ressuage	
Ferraille métallique propre	Nég
Ferraille métallique ordinaire	6,5
Ferraille résiduelle	16,0
Etain galvanisé	2,5
Four à grilles	44,5

Voir notes à la fin du Tableau

TAUX D'EMISSION INCONTROLEE POUR DES SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES--Suite

Type de Source d'Emission	Taux d'Emission (g/kg)[1]
INDUSTRIE DE PRODUITS MINERAUX	
Installation Chargeant l'Asphalte:	
Séchoir rotatif	
Sans contrôle	17,5
Avec pré-épurateur	2,5
Avec cyclone à efficacité importante	0,4
Avec séparateur centrifuge multiple	0,1
Avec tour à pulvérisation à chicane	0,1
Avec séparateur du type à orifice	0,04
Avec chambre à sac	Nég
Autres sources sans contrôle	5,0
Fabrication d'Asphalte pour Toiture:	
Soufflure de l'asphalte	1,25
Saturation du feutre	
Trempage	0,5
Pulvérisation	1,5
Trempage et pulvérisation	1,0
Fabrication de Brique:	
Manipulation de matériaux brutes	
Séchage	35,0
Meulage	38,0
Stockage	17,0
Fumage et allumage de brique	
Chauffé au gaz	Nég
Chauffé au pétrole	Nég
Chauffé au charbon	2,5-5,0
Installation à Carbure de Calcium	
Four électrique	
Capuchon	9,0
Cheminée principale	10,0
Séchoir de coke	1,0
Four à chambre à évent	13,0
Fabrication de Réfractaire de Moulage:	
Séchoir à matériel brute	
Sans contrôle	15,0
Avec chambre à sac	0,15
Broyage de matériel brut et traitement	
Sans contrôle	60,0
Avec séparateur	3,5
Avec cyclone	22,5

Voir notes à la fin du Tableau.

TAUX D'EMISSION INCONTROLEE POUR DES SOURCES DE MATIERE EN PARTICULES--Suite

Type de Source d'Emission	Taux d'Emission (g/kg)[1]
Fonte par arc électrique	
Sans contrôle	25,0
Avec chambre à sac	0,4
Avec séparateur	5,0
Four de fumerie	0,1
Modelage et agitation	
Sans contrôle	12,5
Avec chambre à sac	0,15
Fabrication du Ciment:	
Procédé à sec	
Four	121
Séchoir, machine à meuler, etc.	48
Procédé par voie humide	
Four	100
Séchoir, machine à meuler, etc.	16
Fabrication d'Argile pour Céramique:	
Séchage	35,0
Meulage	38,0
Stockage	17,0
Frittage:	
Cendre volante	55,0
Argile mélangée avec du coke	20,0
Argile naturel	6,0
Séchoir Thermique à Charbon:	
Couche fluidisée	10,0
Eclat	8,0
A fentes multiples	12,5
Chargement du Beton:	
Sans contrôle kg/m^3	0,12
Avec contrôle kg/m^3	0,012
Fabrication de la Fibre de Verre:	
Four à réverbère	
Avec échangeur de chaleur régénératrice	1,5
Avec echangeur de chaleur récupératrice	0,5
Four à induction électrique	Nég
Formation de ligne	25,0
Four de fumerie	3,5

Voir notes à la fin du Tableau.

TAUX D'EMISSION INCONTROLEE POUR DES SOURCES DE MATIERES EN PARTICULES--Suite

Type de Source d'Emission	Taux d'Emission (g/kg)[1]
Four Rotatif à Fonte de Fritte	8,0
Fonte de Verre de Chaux Sodée	1,0
Traitement du Gypse:	
Séchoir de matériel brut	
Sans contrôle	20,0
Avec filtre en tissu	0,1
Avec cyclone et dépoussiéreur électrostatique	0,2
Machine à meuler primaire	
Sans contrôle	0,5
Avec filtre en tissu	0,0005
Grilleur	
Sans contrôle	45,0
Avec filtre en tissu	0,05
Transport	
Sans contrôle	0,35
Avec filtre en tissu	0,0005
Fabrication de la Chaux:	
Boryage	
Primaire	15,5
Secondaire	1,0
Grillage	
Four vertical	4,0
Four rotatif	100
Traitement de la Laine Minérale:	
Cubillot	11,0
Four à réverbère	2,5
Chambre de soufflure	8,5
Four de fumerie	2,0
Refroidisseur	1,0
Four à Expansion Verticale à Perlite	10,5
Traitement de la Roche Phosphatée:	
Séchage	7,5
Meulage	10,0
Transfert et stockage	1,0
Pile de stockage ouverte	20,0

Voir notes à la fin du Tableau

TAUX D'EMISSION INCONTROLEE POUR DES SOURCES DE MATIERES EN PARTICULES--Suite

Type de Source d'Emission	Taux d'Emission (g/kg)[1]
Procédé de Manipulation de Roche:	
Broyage primaire	0,25
Broyage secondaire et criblage	0,75
Broyage tertiaire et criblage	3,0
Rebroyage et criblage	2,5
Moulin à fines	3,0
Criblage, transport, manipulation	1,0
Pile de stockage	5,0
INDUSTRIE DU PETROLE	
Raffinerie de Pétrole:	
Chaudière et radiateur de procédé	
Chauffée au pétrole kg/m^3	2.397
Chauffée au gaz kg/m^3	0,32
Craqueur catalytique fluide (alimentation fraîche) g/m^3	174
Craqueur catalytique à couche mobile (alimentation fraîche) g/m^3	48
TRAITEMENT DU BOIS	
Pulpe à partir du Sulfate:	
Chaudière à récupération et évaporation à contact direct	
Sans contrôle	75,5
Avec dépoussiéreur électrostatique	7,5
Avec séparateur venturi	23,5
Réservoir à dissoudre la fonte	1,0
Four à Chaux	
Sans contrôle	22,5
Avec séparateur	2,0
Grilleur à couche fluidisée	
Sans contrôle	36,0
Avec séparateur	0,35
Fabrication de la Pulpe de Carton:	
Carton	Nég
Carton à fibre	0,3

[1]Les unités autres que g/kg sont données à la fin des entrées immédiatement précédent la valeur numérique des taux non contrôlés; quand les taux contrôlés sont connus, ils sont énumérés par type de contrôle appliqué.

[2]Pour les unités qui ne sont pas chauffées à la main, le pourcentage de poids de cendres dans le charbon devrait être multiplié par le facteur donné. Si le facteur est 8 et la contenance en cendre est de 10 pour cent, les émissions de matière en particules non contrôlées sont de 80 g/kg de charbon.

EXEMPLE 1: EMISSIONS DE MATIERE EN PARTICULES DEPUIS LA COMBUSTION DU CHARBON

Annuellement, un étaleur chargeur sans réinjection de cendre volante brûle 9 Mkg (poids du procédé) de charbon. L'efficacité de contrôle est de 85 pour cent, la contenance en cendre est de 10 pour cent (exprimé sous la forme d'un 10 dans le tableau), et le facteur d'émission est de 6,5 g/kg (Tableau 5-1).

$$\text{Emissions} = (9\ \text{Mkg})\ (10)(6{,}5\ \text{g/kg})(1 - 0{,}85)$$

$$= 88\ 000\ \text{kg/an.}$$

EXEMPLE 2: EMISSIONS DE MATIERE EN PARTICULES DEPUIS L'ELIMINATION DE DECHETS SOLIDES

Annuellement, un incinérateur commercial à chambre multiple brûle 2 Mkg de déchets. Le facteur d'émission (Tableau 5-1) est de 3,5 g/kg

$$\text{Emissions} = (2\ \text{Mkg})(3{,}5\ \text{g/kg})$$

$$= 7\ 000\ \text{kg/an.}$$

EXEMPLE 3: EMISSIONS DE MATIERES EN PARTICULES DEPUIS LA FONTE SECONDAIRE DE METAL

Annuellement, un four à laiton à induction électrique produit 20 Mkg. Le système est équipé avec un chambre à sac d'une efficacité de 99 pour cent et le facteur d'émission (Tableau 5-1) est de 1 g/kg.

$$\text{Emissions} = (20\ \text{Mkg})(1\ \text{g/kg})(1 - 0{,}99)$$

$$= 200\ \text{kg/an.}$$

REFERENCE

1. "Compilation of Air Pollutant Emission Factors." U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Office of Air Programs, Research Traingle Park, N.C., AP-52, 1972.

*U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE:1974 546-318/351 1-3